



TeraOhmXA 10 kV (Тераомметр ХА 10 кВ)

MI 3210

Руководство по эксплуатации

Версия 1.2; кодовый номер: 20 752 185

Дистрибьютор:

ООО «Евротест» - эксклюзивный представитель METREL D.D. в России.

Санкт-Петербург, 198216

Ленинский пр-т, 140

тел./факс: +7 (812) 703-05-55

sales@metrel-russia.ru

www.metrel-russia.ru

Производитель:

METREL d.d.

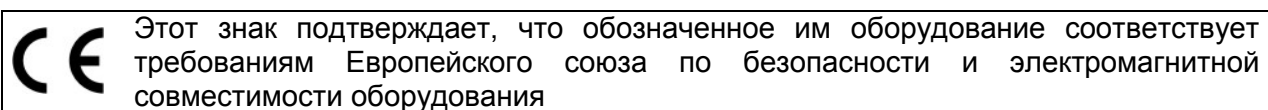
Люблянска улица 77

1354 Хорьюл

Словения

Веб-сайт: www.metrel-russia.ru

e-mail: metrel@metrel.si



© 2013 METREL

Никакая часть этой публикации не может быть воспроизведена или использована в какой-либо форме или любыми средствами без письменного разрешения от компании METREL.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ.....	5
1.1	Характеристики	5
2	МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ И СОВЕТЫ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	6
2.1	Предупреждения	6
2.2	Свинцово-кислотный аккумулятор и его зарядка	8
2.2.1	Предварительная зарядка.....	9
2.3	Список применимых стандартов.....	11
3	ОПИСАНИЕ ПРИБОРА.....	12
3.1	Корпус прибора	12
3.2	Панель оператора.....	12
3.3	Принадлежности	14
3.3.1	Измерительные выводы	14
3.4	Организация дисплея	16
3.4.1	Окно результатов измерений	16
3.4.2	Окно управления измерением.....	17
3.4.3	Окно сообщения	18
3.4.4	Индикация состояния аккумулятора, времени и связи.....	19
3.4.5	Строка результатов измерений.....	20
3.4.6	Графическое представление измеренных данных	20
3.4.7	Использование подсветки	20
4	ГЛАВНОЕ МЕНЮ.....	21
4.1	Главное меню прибора.....	21
4.2	Пользовательские испытания	22
4.2.1	Создание пользовательского испытания	22
4.3	Меню памяти (Memory).....	23
4.3.1	Сохранение результатов	23
4.3.2	Вызов результатов	24
4.3.3	Удаление результатов	25
4.3.4	Удаление пользовательского испытания	25
4.3.5	Удаление всего содержимого памяти.....	26
4.4	Меню настроек (Settings).....	26
4.4.1	Выбор языка	27
4.4.2	Выбор первоначальных настроек	27
4.4.3	Выбор времени.....	27
4.4.4	Выбор даты.....	27
4.4.5	Режим передачи.....	28
4.4.6	Выбор контраста	28
4.4.7	Предупредительный сигнал	28
4.4.8	Выбор графиков	28
4.4.9	Выбор пробоя	29
4.4.10	Информация о приборе	29
4.5	Меню справки (Help)	29
5	ИЗМЕРЕНИЯ	30
5.1	Общая информация об испытаниях при высоком напряжении.....	30
5.1.1	Назначение испытаний изоляции	30
5.1.2	Испытательное напряжение постоянного или переменного тока... 30	
5.1.3	Типичные испытания изоляции	30

5.1.4	Электрическое представление изолирующего материала	31
5.2	Некоторые прикладные примеры	32
5.2.1	Проверка основного сопротивления изоляции	32
5.2.2	Испытание на зависимость от напряжения – испытание со ступенчатым изменением напряжения	32
5.2.3	Испытание на зависимость от напряжения – диагностическое испытание	32
5.2.4	Испытание на электрическую прочность	34
5.3	Защитная клемма	35
5.4	Опции усреднения	36
5.4.1	Цель усреднения	36
5.4.2	Пример усреднения	37
5.5	Меню измерений (Measurement)	38
5.6	Измерение сопротивления изоляции	39
5.6.1	Set Limit (Установка предела)	41
5.7	Диагностическое испытание	42
5.7.1	Коэффициент абсорбции диэлектрика (DAR)	44
5.7.2	Индекс поляризации (PI)	44
5.7.3	Проверка коэффициента рассеивания диэлектрика (DD)	45
5.8	Испытание со ступенчатым изменением напряжения	47
5.9	Испытание на электрическую прочность	49
5.10	Вольтметр истинного среднеквадратичного значения напряжения	51
6	СВЯЗЬ	52
7	ОБСЛУЖИВАНИЕ	53
7.1	Установка и замена аккумулятора	53
7.2	Чистка	55
7.3	Периодическая калибровка	55
7.4	Сервис	55
8	ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	56
8.1	Вольтметр истинного среднеквадратичного значения напряжения	58
8.2	Основные характеристики	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А – ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ		60

1 Общее описание

1.1 Характеристики

Прибор **TeraOhm ХА 10 кВ (MI 3210) (тераомметр, 10 кВ)** представляет собой портативный испытательный прибор с питанием от аккумулятора или сети с отличной защитой (IP65), предназначенный для диагностики сопротивления изоляции с использованием высоких испытательных напряжений до 10 кВ. Он разработан и производится с обширными знаниями и опытом, приобретенными на протяжении многих лет работы в данной области.

Доступные функции и характеристики, предлагаемые прибором **TeraOhm ХА 10 кВ**:

- Широкий диапазон измерений (5 кОм ... 20 ТОм)
- Измерение изоляции;
- Испытания со ступенчатым изменением напряжения
- Испытание на электрическую прочность (постоянный ток) до 10 кВ;
- Измерение напряжения и частоты до 550 В (истинное СКЗ)
- Индекс поляризации (PI)
- Коэффициент абсорбции диэлектрика (DAR)
- Коэффициент рассеивания диэлектрика (DD);
- График R(t);
- Регулируемое испытательное напряжение (50 В...10 кВ) с шагами по 50 В и 100 В;
- Программируемый таймер;
- Автоматическая разрядка испытываемого объекта по завершении измерения;
- Измерение емкости;
- Подавление шума от входящего питания переменного тока (1 мА при 600 В);
- Обнаружение высоковольтного пробоя;
- Состояние предела;
- Дополнительное усреднение результатов (5, 10, 30, 60)
- Передача данных через порты USB и RS232
- Категория перенапряжения CAT IV/600 В.

ЖК-дисплей с размером матрицы 320x240 точек отображает легко читаемые показания результатов измерения и прочих параметров;



Действие прибора является простым и понятным, что позволяет пользователю работать с ним без необходимости в специальном обучении (за исключением чтения и понимания настоящего Руководства).

Результаты испытания могут сохраняться в приборе. Компьютерное программное обеспечение HVLink PRO, которое поставляется как часть стандартного комплекта, позволяет переносить результаты измерений в персональный компьютер, где они могут анализироваться или распечатываться.

2 Меры предосторожности и советы по эксплуатации

2.1 Предупреждения

Для обеспечения безопасности оператора при проведении различных испытаний и измерений компания Metrel рекомендует поддерживать приборы TeraOhm XA 10 кВ в исправном состоянии и защищать их от повреждений. При использовании прибора необходимо соблюдать следующие основные меры предосторожности:

- ❑  Данный знак на приборе означает «Внимательно ознакомьтесь с руководством по эксплуатации». Знак необходимо принимать во внимание!
- ❑ Символ  на приборе означает: «На испытательных клеммах может присутствовать опасное напряжение!»
- ❑ При использовании испытательного оборудования иначе, чем это предписано в настоящем руководстве, защита, обеспечиваемая данным прибором, может быть ухудшена!
- ❑ Необходимо внимательно ознакомиться с настоящим руководством, иначе использование прибора может представлять опасность для оператора, прибора или для испытываемого оборудования!
- ❑ Не используйте прибор и принадлежности, если замечено какое-либо повреждение!
- ❑ Принимайте во внимание все известные меры предосторожности, чтобы исключить риск поражения электрическим током во время измерений при высоком напряжении!
- ❑ Запрещается использовать данный прибор в системах электропитания с напряжением свыше
600 В!
- ❑ Сервисное обслуживание, ремонт и калибровка прибора должны выполняться только уполномоченными лицами!
- ❑ Используйте только стандартные и дополнительные измерительные принадлежности, поставляемые нашими дистрибьюторами!
- ❑ Внутри прибора присутствует опасное напряжение. Перед снятием крышки аккумуляторного отсека необходимо отсоединить все измерительные выводы, отключить кабель зарядного устройства и выключить прибор .
- ❑ При работе с электроустановками должны быть приняты все необходимые меры безопасности во избежание поражения электрическим током!



Предупреждения, касающиеся измерительных функций:

Работа с прибором

- ❑ Допускается использование только стандартных и дополнительных измерительных принадлежностей, поставляемых нашими дистрибьюторами!
- ❑ Перед присоединением измерительных выводов к испытываемому оборудованию последнее должно быть выключено (т.е. обесточено).
- ❑ Наконечники щупов следует использовать только для измерения истинного среднеквадратичного значения напряжения (CAT IV 600 В).
- ❑ Запрещается использовать высоковольтные измерительные выводы с наконечниками для измерения истинного среднеквадратичного значения напряжения в окружающей среде категорий CAT III или CAT IV. Это приведет к опасности закорачивания двух проводов, несущих высокую энергию, с последующей вспышкой дуги и коротким замыканием.
- ❑ Присоединение принадлежностей к прибору и испытываемому объекту должно всегда выполняться перед началом измерения при высоком напряжении. В процессе измерения запрещается прикасаться к измерительным проводам или зажиму типа «крокодил». При выполнении измерений разрешается прикасаться только к изолированным рукояткам измерительных проводов с наконечниками (удерживать провода за эти рукоятки).
- ❑ В процессе измерения запрещается также прикасаться к каким-либо токоведущим частям испытываемого оборудования – опасность электрического поражения!
- ❑ Перед началом измерения сопротивления изоляции необходимо убедиться в том, что испытываемый объект отключен от сети электрического питания !
- ❑ В случае емкостного испытываемого объекта (длинный испытываемый кабель и т.д.) автоматическая разрядка объекта может не происходить немедленно после завершения измерения – в этом случае появляется сообщение «Please wait, discharging» (Просьба подождать – разрядка).
- ❑ Запрещается присоединять прибор к сети с напряжением, отличным от того, которое указано на табличке, находящейся рядом с соединителем для подключения к сети, в противном случае прибор может быть поврежден.
- ❑ Запрещается подключать измерительные клеммы к внешнему источнику напряжения выше 600 В постоянного или переменного тока (окружающая среда категории CAT IV), в противном случае прибор может быть поврежден!

Работа с емкостными нагрузками

- ❑ Необходимо иметь в виду, что конденсатор емкостью 40 нФ, заряженный до 1 кВ, или конденсатор емкостью 9 нФ, заряженный до 5 кВ, представляет опасность!
- ❑ В процессе испытания запрещается прикасаться к объекту, на котором проводится измерение, до тех пор, пока он не будет полностью разряжен.
- ❑ Максимальное внешнее напряжение между любыми двумя проводами равно 600 В (окружающая среда CAT IV).



Предупреждения, касающиеся аккумуляторов:

- ❑ Запрещается выбрасывать аккумуляторы, так как это может привести к их взрыву или выделению токсичного газа
- ❑ Запрещается предпринимать попытки каким-либо образом разбирать, разрушать или прокалывать аккумуляторы, поскольку это может привести к утечке серной кислоты, способной вызвать ожоги.
- ❑ Запрещается закорачивать внешние контакты аккумулятора или устанавливать его в обратной полярности.
- ❑ Аккумуляторы должны храниться в местах, недоступных для детей.
- ❑ Необходимо защищать аккумулятор от сильных толчков/ударов или вибрации.
- ❑ Запрещается использовать поврежденный аккумулятор.
- ❑ В приборе используется клапанно-регулируемый (герметичный) свинцово-кислотный аккумулятор (LC – R123R4PG). Конструкция прибора предусматривает автоматическую зарядку аккумулятора и поддержание его заряда на требуемом уровне в соответствии с использованием.

2.2 Свинцово-кислотный аккумулятор и его зарядка

Прибор рассчитан на электрическое питание от свинцово-кислотного аккумулятора или электрической сети. Жидкокристаллический дисплей содержит индикацию состояния аккумулятора и источника питания (верхняя левая секция ЖК-дисплея). Если аккумулятор разряжен, прибор отобразит сообщение, как показано на Рисунке 2.1.

Символ



Индикация разряда аккумулятора.

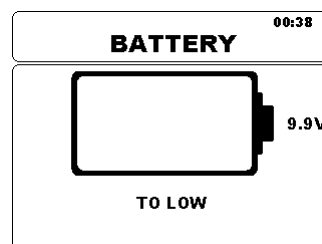


Рисунок 2.1: Проверка аккумулятора

Аккумулятор заряжается всегда, когда зарядное устройство подключено к прибору. Гнезда подключения источника питания показано на Рисунке 2.2. Внутренняя цепь (CC, CV) контролирует процесс зарядки и обеспечивает максимальный срок службы аккумулятора. Номинальное время работы указывается для аккумуляторов с номинальной емкостью 3,4 Ач.



Рисунок 2.2: Гнездо зарядного устройства (C7)

Прибор автоматически распознает подключенный блок питания и начинает процесс зарядки.

Символ



Индикация заряда аккумулятора

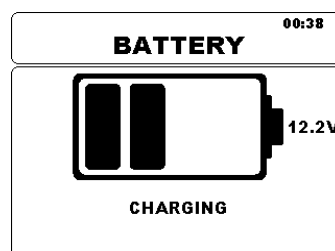


Рисунок 2.3: Индикация заряда

Аккумулятор и его зарядные характеристики	Типовые
Тип аккумулятора	LC-R123R4PG
Режим зарядки	CC/CV
Номинальное напряжение	12,0 В
Номинальная емкость	3,4 Ач
Макс. напряжение зарядки	14,0 В
Макс. зарядный ток	1,2 А
Макс. разрядный ток	2,5 А
Типичное время зарядки:	4 часов

Типичный профиль зарядки, который также используется в данном приборе, показан на Рисунке 2.4.

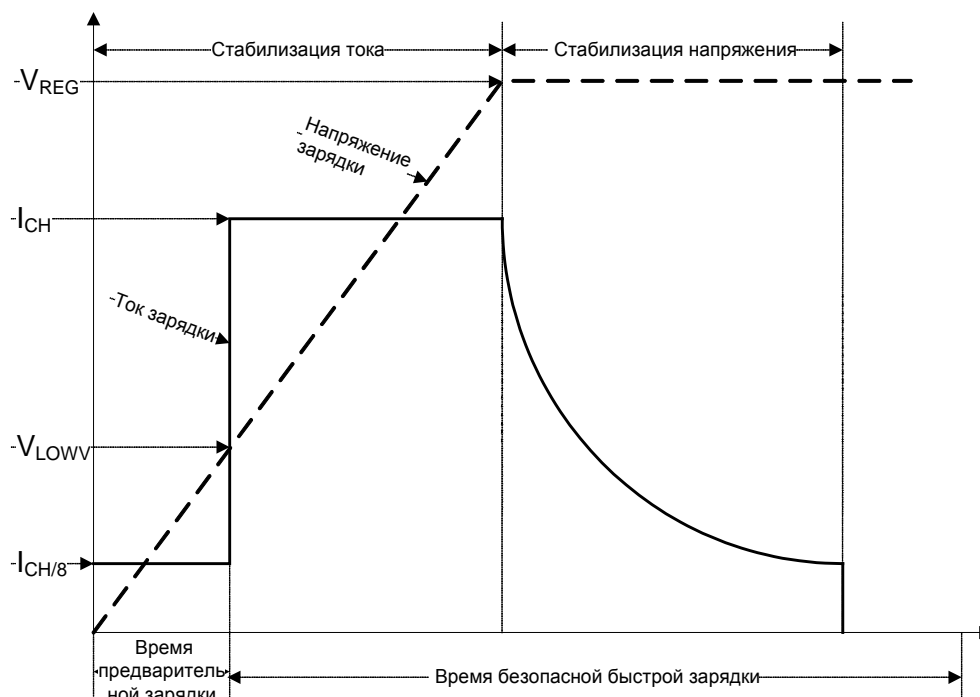


Рисунок 2.4: Типичный профиль зарядки:

где

V_{REG} Напряжение зарядки аккумулятора
 V_{LOWV} Пороговое напряжение предварительной зарядки
 I_{CH} Зарядный ток аккумулятора
 $I_{CH/8}$ 1/8 зарядного тока

2.2.1 Предварительная зарядка

Если при включении электрического питания напряжение аккумулятора ниже порога V_{LOWV} , зарядное устройство подает на аккумулятор 1/8 зарядного тока. Функция предварительной зарядки предназначена для восстановления глубоко разряженного аккумулятора. Если порог V_{LOWV} не достигается в течение 30 минут с момента начала предварительной зарядки, зарядное устройство выключается, и появляется индикация **FAULT** (НЕИСПРАВНОСТЬ).

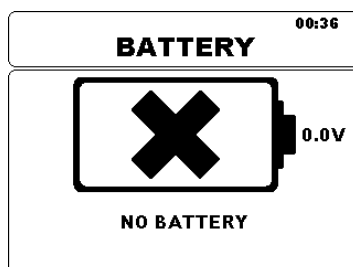


Рисунок 2.5: Индикация об отсутствии заряда

Примечание:

- Являясь устройством защитного резервирования, зарядное устройство также оборудовано внутренним пятичасовым таймером для быстрой зарядки.

Обычное время зарядки составляет 4 часа в интервале температур от 5°C до 60°C.

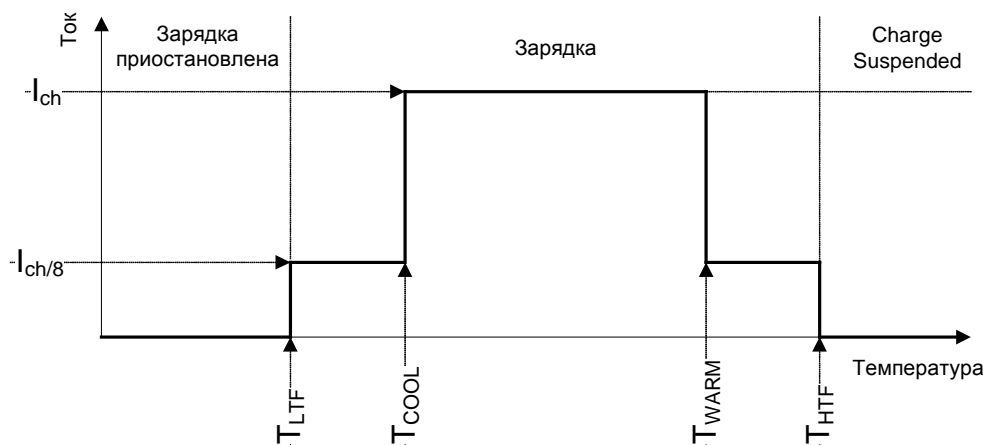


Рисунок 2.6: Типичный профиль зависимости зарядного тока от температуры

где

T_{LTF} Порог очень низких температур (обычно -15°C).

T_{COOL} Порог низких температур (обычно 0°C).

T_{WARM} Порог высоких температур (обычно $+60^{\circ}\text{C}$).

T_{HTF} Порог очень высоких температур (обычно $+75^{\circ}\text{C}$).

Зарядное устройство непрерывно контролирует температуру аккумулятора. Для инициирования цикла зарядки температура аккумулятора должна находиться в пределах диапазона от T_{LTF} до T_{HTF} . Если температура аккумулятора выходит за указанные пределы, контроллер приостанавливает процесс зарядки и выжидает, когда температура аккумулятора достигнет значение в пределах диапазона от T_{LTF} до T_{HTF} .

Если температура аккумулятора находится в пределах диапазона от T_{LTF} до T_{COOL} или от T_{WARM} до T_{HTW} , зарядный ток автоматически снижается до $I_{CH/8}$ (1/8 зарядного тока).

2.3 Список применимых стандартов

Приборы TeraOhm ХА 10kV производятся и испытываются в соответствии со следующими стандартами:

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

EN 61326 Электрическое оборудование для измерения, контроля и лабораторного использования – требования к ЭМС, класс А

Безопасность (приборы низкого напряжения)

EN 61010-1 Требования безопасности к электрооборудованию для измерений, контроля и лабораторного применения – часть 1: Общие требования

EN 61010- 2- 030 Требования безопасности к электрооборудованию для измерений, контроля и лабораторного применения – часть 2-030: Специальные требования к испытательным и измерительным цепям

EN 61010- 2- 033 Требования безопасности к электрооборудованию для измерений, контроля и лабораторного применения – часть 2-033: Особые требования к ручным мультиметрам и другим измерительным приборам для бытового и профессионального использования, способным измерять сетевое напряжение.

EN 61010-31 Требования безопасности к переносным сборкам щупов для проведения электроизмерений и испытаний

Некоторые дальнейшие рекомендации:

IEEE 43-2000 Рекомендованная практика для проверки сопротивления изоляции вращающихся машин

- ☐ 1 МОм + 1 МОм/1000 В номинального напряжения оборудования для систем изоляции, разработанных до 1970 года.
- ☐ 5 МОм для электродвигателей со вспойной обмоткой при напряжении до 600 В.
- ☐ 100 МОм для электродвигателей с шаблонной обмоткой, электродвигателей, рассчитанных на напряжение свыше 600 В и роторов.

МЭК 60439-1 Низковольтные комплектные устройства распределения и управления. Часть 1:

Устройства, подвергаемые испытаниям типа полностью или частично):

- ☐ Объем проверки сопротивления изоляции: альтернативный метод проверки путем измерения сопротивления изоляции;
- ☐ Описание: к изоляции прилагается испытательное напряжение переменного тока (500 В), и ее сопротивление измеряется. Изоляция является пригодной, если она имеет достаточно высокое сопротивление (1000 Ом/В номинального напряжения сети).

МЭК 61558 Изолирующие трансформаторы и защитные изолирующие трансформаторы:

- ☐ Испытательное напряжение 500 В, период измерения: 1 мин;
- ☐ Минимальное сопротивление изоляции для базовой изоляции: 2 МОм;
- ☐ Минимальное сопротивление изоляции для дополнительной изоляции: 5 МОм;
- ☐ Минимальное сопротивление изоляции для усиленной изоляции: 7 МОм;

Примечание:

Стойкость к полям радиоизлучений (Напряженность поля: 10 В/м, модуляция: амплитудная, 80%, 1 кГц)

Диапазон напряжений	Рабочие условия	Помехи < 5%	Помехи > 5%
50Гц	100 МОм	300 МГц ÷ 900 МГц	900 МГц ÷ 1 ГГц
1000 В	200 ГОм	/	300 МГц ÷ 1 ГГц
10000 В	200 ГОм	300 МГц ÷ 600 МГц	600 МГц ÷ 800 МГц

Примечания о стандартах EN и IEC:

- ☐ Текст данного руководства содержит в себе ссылки на Европейские стандарты. Все стандарты ЕХ 6xxxx (например, EN 61010) эквивалентны стандартам серии IEC с такими же номерами (например, IEC 61010) и отличаются только внесенными поправками.

3 Описание прибора

3.1 Корпус прибора

Корпус прибора выполнен в виде пластмассовой коробки, поддерживающей класс защиты, указанный в общих технических характеристиках.

3.2 Панель оператора

Панель оператора показана на Рисунке 3.1 ниже.

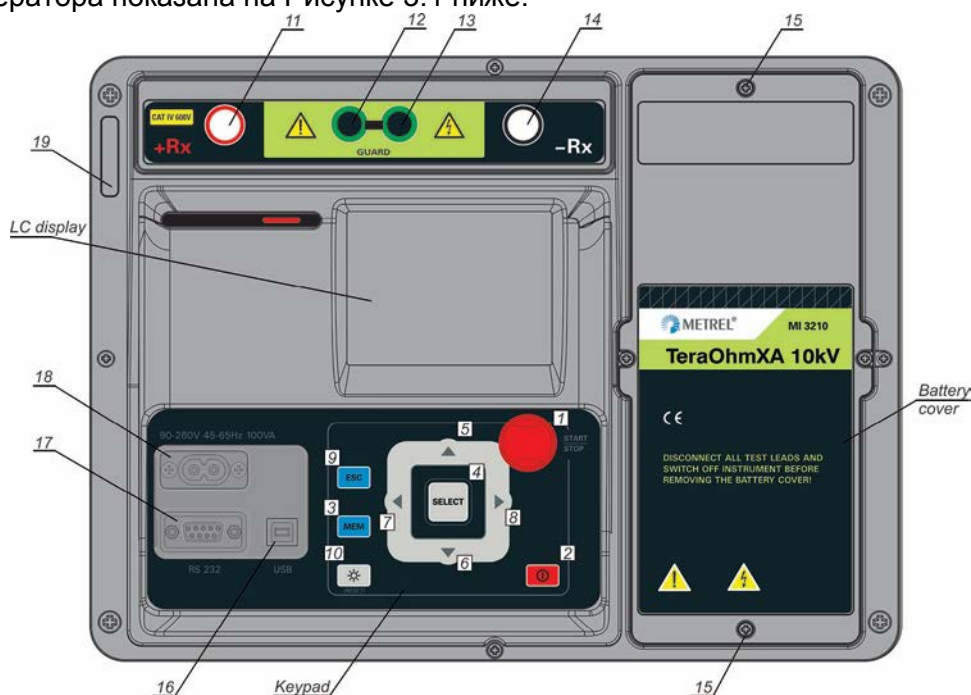


Рисунок 3.1: Панель оператора

Секция клавиатуры:		
1	START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)	Пуск или останов измерения.
2	ON/OFF (ВКЛ/ВЫКЛ)	Включение или выключение питания прибора. Прибор автоматически выключается, спустя 15 минут после последнего нажатия любой кнопки.
3	MEM (ПАМЯТЬ)	Сохранение/вызов/удаление результатов из памяти прибора.
4	SELECT (ВЫБОР)	Для входа в режим настройки для выбранной функции или для выбора активного параметра, который должен быть установлен.
5,6	▲ ▼	Выбрать вариант, расположенный вверху, внизу.
7,8	◀ ▶	Уменьшить, увеличить выбранный параметр.
9	ESC (ВЫХОД)	Выйти из выбранного режима.
10	☀	ВКЛЮЧЕНИЕ или ВЫКЛЮЧЕНИЕ подсветки дисплея. СБРОС прибора (удерживать клавишу в течение 5 с или более).
Секция дисплея:		
20		Индикатор высокого напряжения (красный).
Секция клемм:		

*MI 3210 Тераомметр (TeraOhm) ХА 10 кВ***Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения Heading 1 к тексту, который должен здесь отображаться.**

11	+ Rx	Положительная клемма высоковольтного выхода.
12,13	GUARD (ЗАЩИТА)	Клеммы входа защиты.
14	- Rx	Отрицательная клемма высоковольтного входа.
Секция питания и связи:		
19	C7	Гнездо входящего питания (C7)
18	USB	Порт связи USB (стандартный USB-соединитель – тип B)
18	RS232	Порт связи RS232 (стандартный 9-контактный порт RS232 D, гнездовой)

Предупреждение!

- ❑ **Максимально допустимое напряжение между любыми измерительными клеммами и землей 600 В!**
- ❑ **Максимально допустимое напряжение между измерительными клеммами 600 В!**
- ❑ **Допускается использование только оригинальных испытательных принадлежностей!**

3.3 Принадлежности

Принадлежности включают в себя стандартные и дополнительные принадлежности. Дополнительные принадлежности могут поставляться по запросу. За информацией по стандартной конфигурации и дополнительным принадлежностям следует обращаться к прилагаемому списку, связаться с местным дистрибьютором или посетить домашнюю страницу компании METREL: <http://www.metrel.si>.

3.3.1 Измерительные выводы

Стандартная длина высоковольтного экранированного измерительного вывода с наконечником равна 2 м. Стандартная длина высоковольтных экранированных измерительных выводов с вилками штекерного типа (красной, черной) составляет 3 м; предусмотрены дополнительные длины 8 м и 15 м. За информацией по стандартной конфигурации и дополнительным принадлежностям следует обращаться к прилагаемому списку, связаться с местным дистрибьютором или посетить домашнюю страницу компании METREL: <http://www.metrel.si>.

Все измерительные выводы выполнены в виде высоковольтных экранированных кабелей, поскольку такие кабели обеспечивают более высокую точность и устойчивость к возмущениям при измерениях, которые могут иметь место в промышленной окружающей среде.

Высоковольтный экранированный измерительный вывод с высоковольтным наконечником

Замечания по применению:

Этот измерительный вывод для ручного испытания изоляции.

Классы изоляции:

- ❑ Ручная часть 10 кВ пост.тока (усиленная изоляция)
- ❑ Высоковольтный штекерный соединитель (красный) для присоединения к прибору: 10 кВ пост.тока (базовая изоляция);
- ❑ Штекерный соединитель защиты (зеленый): 600 В CAT IV (усиленная изоляция);
- ❑ Кабель (желтый): 12 кВ (экранированный).



Рисунок 3.2: Высоковольтный измерительный вывод с высоковольтным наконечником

MI 3210 Тераомметр (TeraOhm) ХА 10 кВ **Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения Heading 1 к тексту, который должен здесь отображаться.**

Высоковольтные экранированные измерительные выводы с зажимами «крокодил».

Замечания по применению:

Эти измерительные выводы предназначены для диагностического испытания изоляции. Они также могут использоваться для испытания в ручном режиме при испытательных напряжениях до 5 кВ пост.тока.

Классы изоляции:

- ❑ Высоковольтные штекерные соединители (красный, черный): 10 кВ пост.тока (базовая изоляция), 5 кВ пост.тока (усиленная изоляция);
- ❑ Зажимы «крокодил» (красный, черный): 10 кВ пост.тока (базовая изоляция), 5 кВ пост.тока (усиленная изоляция);
- ❑ Штекерный соединитель защиты (зеленый): 600 В CAT IV (усиленная изоляция);
- ❑ Кабель (желтый): 12 кВ (экранированный).

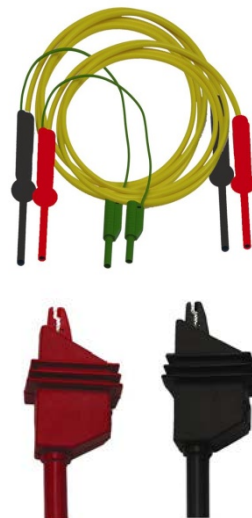


Рисунок 3.3: Высоковольтные измерительные выводы с зажимами «крокодил»

Измерительный вывод защиты с зажимами «крокодил»

Классы изоляции:

- ❑ Измерительный вывод защиты со штекерными соединителями (зелеными): 600 В CAT IV (усиленная изоляция);
- ❑ Зажим «крокодил» (зеленый): 600 В CAT IV (усиленная изоляция);



Рисунок 3.4: Вывод защиты с зажимом «крокодил»

Наконечники щупов

Замечания по применению:

- ❑ Наконечники щупов, применяемые на высоковольтных экранированных измерительных выводах предназначены для измерения истинных среднеквадратичных значений температуры категории CAT IV 600 В.



Рисунок 3.5: Наконечники щупов

3.4 Организация дисплея

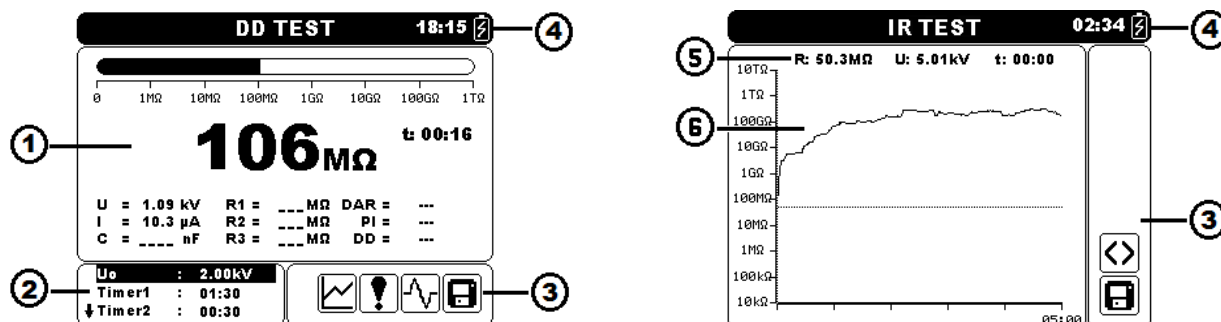


Рисунок 3.6: Типичный функциональный дисплей и графический экран

1	Окно результатов измерений
2	Окно управления измерением
3	Окно сообщений
4	Индикация состояния аккумулятора, времени и связи
5	Строка результатов измерений
6	Графическое представление измеренных данных

3.4.1 Окно результатов измерений

В окне измерений показываются все применимые данные при проведении контрольно-измерительных мероприятий.

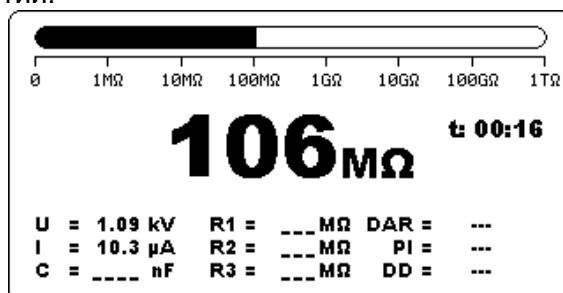


Рисунок 3.7: Окно измерений

Измеренное сопротивление изоляции

Показывается в центре экрана самым крупным шрифтом. При проведении контрольно-измерительных мероприятий данный результат измеряется через каждые несколько секунд. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение.

Гистограмма

Графически представляет измеренное сопротивление изоляции по отношению к диапазону измерений. Она также отображает граничное значение, если последнее установлено.

U

Показывает напряжение на выходе. При проведении контрольно-измерительных мероприятий данный результат измеряется через каждые несколько секунд. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение.

MI 3210 Тераомметр (TeraOhm) ХА 10 кВ **Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения Heading 1 к тексту, который должен здесь отображаться.**

I	Показывает входной ток. При проведении контрольно-измерительных мероприятий данный результат измеряется через каждые несколько секунд. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение.
C	Показывает емкость, измеренную на выходных клеммах. Значение емкости измеряется во время окончательной разрядки испытываемого объекта.
R1, R2, R3	Показывает сопротивления, измеренные по Таймеру 1, Таймеру 2 и Таймеру 3. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение (применяется только при диагностическом испытании).
R1, R2, R3, R4, R5	Показывает сопротивления, измеряемые с шагом от одного до пяти. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение (применяется только при испытании со ступенчатым изменением напряжения).
U1, U2, U3, U4, U5	Показывает напряжения, измеряемые с шагом от одного до пяти. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение (применяется только при испытании со ступенчатым изменением напряжения).
DAR	Показывает коэффициент абсорбции диэлектрика. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение (применяется только при диагностическом испытании).
PI	Показывает индекс поляризации. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение (применяется только при диагностическом испытании).
DD	Показывает результат коэффициента рассеивания диэлектрика. По завершении измерения результат удерживается на экране до тех пор, пока не будет начато новое измерение (применяется только при диагностическом испытании).
f	Показывает частоту измеренного напряжения (показывается только в режиме вольтметра истинного среднеквадратичного значения).
t	Показывает время испытания (мм:сс).

3.4.2 Окно управления измерением

Окно управления позволяет пользователю изменять параметры управления измерением.

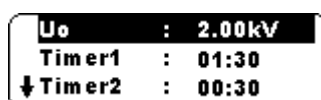


Рисунок 3.8: Окно управления

MI 3210 Тераомметр (TeraOhm) ХА 10 кВ **Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения Heading 1 к тексту, который должен здесь отображаться.**

Un	Позволяет пользователю устанавливать желаемое испытательное напряжение.
Timer1 (Таймер 1)	Позволяет пользователю устанавливать желаемую продолжительность измерения при проверке сопротивления изоляции. Задержка начала измерения DAR при выполнении диагностического испытания. (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Timer2 (Таймер 2)	Задержка начала измерения PI (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Timer3 (Таймер 3)	Позволяет пользователю устанавливать желаемую продолжительность измерения (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
DD	Позволяет пользователю блокировать или разблокировать измерение коэффициента рассеивания диэлектрика.
ltrgg	Позволяет пользователю устанавливать желаемый уровень триггера – шаг 100 мкА (макс. ток 5 мА).
Tstart	Позволяет пользователю устанавливать время начала подачи испытательного напряжения (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Tend	Позволяет пользователю устанавливать постоянное окончание подачи испытательного напряжения (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Ustart	Позволяет пользователю устанавливать желаемое начальное испытательное напряжение.
Uend	Позволяет пользователю устанавливать желаемое конечное испытательное напряжение.
Tramp	Позволяет пользователю устанавливать продолжительность линейного участка испытания (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
HI Lim	Позволяет пользователю устанавливать верхний предел (значение оценивается в конце измерения).
AVG	Позволяет пользователю установить дополнительное усреднение результата (ВЫКЛ., 5, 10, 30, 60).

3.4.3 Окно сообщения

В поле сообщений отображаются предупреждения и информационные сообщения.



Рисунок 3.9: Окно сообщения



На измерительных клеммах присутствует высокое напряжение (> 50 В среднеквадратичного значения).



Результаты испытаний могут быть сохранены.



На измерительных клеммах присутствует шум от переменного тока (+ Rx, - Rx).



Накапливаются явления пробоя или перенапряжения.



Перегрев прибора. Процесс измерения заблокирован.



График разблокирован.



Регистрация графика разблокирована (внутренняя флэш-память).



Внутренняя флэш-память заполнена (регистрация графика разблокирована).



Результат измерения находится в заданных пределах.



Результат измерения выходит за заданный предел.

3.4.4 Индикация состояния аккумулятора, времени и связи

Эти символы указывают состояние заряда аккумулятора, подключение зарядного устройства и состояние связи. Присутствует также индикация времени.



Индикация уровня заряда аккумулятора.



Низкий уровень заряда аккумулятора.
Зарядить аккумулятор.



Идет процесс зарядки (если кабель сетевого электропитания подключен).

08:26

Индикация времени (чч:мм).



Связь через USB-порт разблокирована.



Связь по технологии Bluetooth разблокирована.

Примечание:

- Дата и время прилагаются к каждому сохраненному результату.

3.4.5 Строка результатов измерений

R	Показывает сопротивление изоляции. При проведении контрольно-измерительных мероприятий данный результат измеряется через каждые несколько секунд. По завершении измерения данная строка представляет сопротивление изоляции в положении курсора.
U	Показывает напряжение на выходе. При проведении контрольно-измерительных мероприятий данный результат измеряется через каждые несколько секунд. По завершении измерения данная строка представляет выходное напряжение в положении курсора.
t	Показывает время испытаний (мм:сс). По завершении измерения данная строка представляет время в положении курсора.

Примечание:

- ❑ Усреднение в строке результатов блокируется при проведении контрольно-измерительных мероприятий во всех функциях, независимо от настроек.

3.4.6 Графическое представление измеренных данных

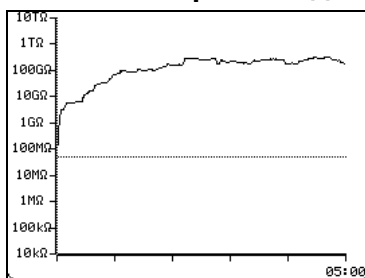


Рисунок 3.10: Экран графиков

Измеренные или усредненные значения сопротивления изоляции по отношению к времени измерения представлены на этом двумерном графике R/t. Может также наблюдаться онлайн-графическое представление в процессе измерения. По завершении измерения курсор может быть прикреплен к графику для детального анализа.

3.4.7 Использование подсветки

После включения прибора автоматически включается светодиодная подсветка. Ее можно **ВЫКЛЮЧАТЬ** и **ВКЛЮЧАТЬ** простым щелчком на клавише ☀ (СВЕТ).

Примечание:

- ❑ Если клавиша подсветки (☀) нажимается и удерживается в течение приблизительно 5 с, происходит СБРОС прибора!

4 Главное меню

4.1 Главное меню прибора

Из главного меню прибора доступны пять вариантов: Измерения, Пользовательские тесты, Меню памяти, Меню настроек и Меню справки.

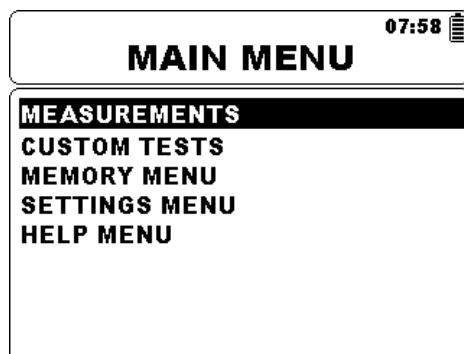


Рисунок 4.1: Главное меню прибора

Клавиши:

Выбрать один из следующих пунктов меню:



<Measurements> (Измерения) См. главу 4.5;

<Custom tests> (Пользовательские тесты) См. главу 4.2;

<Memory menu> (Меню памяти) Управление памятью, см. главу 4.3;

<Settings menu> (Меню настроек) Настройка прибора, см. главу 4.4;

<Help menu> (Меню справки) Экраны справки, см. главу 4.6;

**SELECT
(ВЫБОР)**

Подтверждает выбор

4.2 Пользовательские испытания

Данное меню содержит список испытаний,готавливаемых пользователем. Обычно используемые испытания добавляются к списку по умолчанию или пользователем. Можно предварительно запрограммировать до 30 пользовательских испытаний.

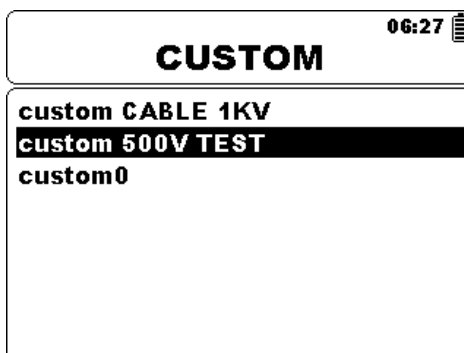


Рисунок 4.2: Меню пользовательских испытаний

Клавиши:

▲ ▼	Выбрать один из следующих пунктов меню:
SELECT (ВЫБОР)	Подтверждает выбор
ESC (ВЫХОД)	Возврат к <i>Главному меню</i> .

4.2.1 Создание пользовательского испытания

Пользователь может, по своему выбору, сохранить любую настройку параметров, выполненную под заказ.

Необходимо просто ввести желаемое измерение, отредактировать параметры испытаний и нажать клавишу **MEM**.

Если никакого результата для сохранения не останется, появится экран ввода текста (Insert text).

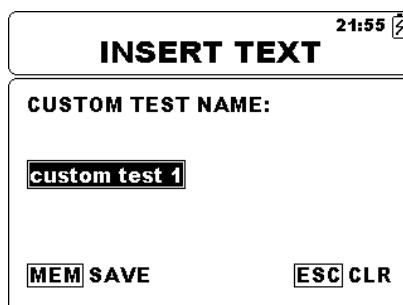


Рисунок 4.3: Экран ввода текста

Клавиши на экране ввода текста:

▲ ▼	Выбор буквы.
SELECT (ВЫБОР)	Выбор новой буквы.
MEM (ПАМЯТЬ)	Подтверждение имени и возврат к выбранному измерению.
ESC (ВЫХОД)	Удаление последней буквы. Возврат к выбранному измерению без изменений.

4.3 Меню памяти (Memory)

Результат измерения со всеми соответствующими параметрами может храниться в памяти прибора. Пространство памяти прибора делится на 3 уровня: «ОБЪЕКТ» (ОБЪЕКТ), «DUT» (ПРОВЕРЯЕМОЕ УСТРОЙСТВО) и «LINE» (ЛИНИЯ). Уровень «ОБЪЕКТ» (ОБЪЕКТ), «DUT» (ПРОВЕРЯЕМОЕ УСТРОЙСТВО) и «LINE» (ЛИНИЯ) может содержать 199 мест.

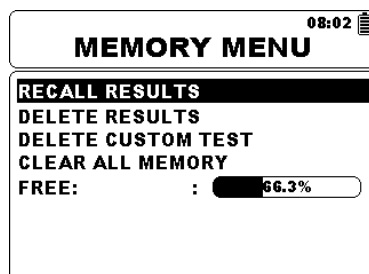


Рисунок 4.4: Меню запоминающего устройства

Клавиши:

▲ ▼	Выбрать один из следующих пунктов:
SELECT (ВЫБОР)	Подтверждает выбор
ESC	Возврат к Главному меню .

4.3.1 Сохранение результатов

После завершения измерения результаты и сопутствующие параметры готовы к сохранению. Нажатием кнопки **MEM** пользователь может войти в меню сохранения.

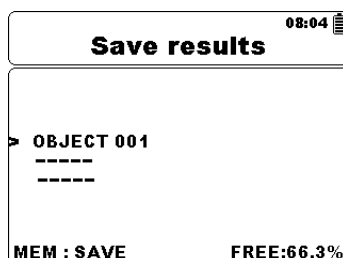


Рисунок 4.5: Меню сохранения

Клавиши:

◀ ▶	Выбирает номер ОБЪЕКТА, ПРОВЕРЯЕМОГО УСТРОЙСТВА и СТРОКИ.
▲ ▼	Перейти к другому месту.
MEM (ПАМЯТЬ)	Сохраняет результат измерения в выбранное место и возвращает к Экрану результатов измерений .
ESC (ВЫХОД)	Возврат к Экрану результатов измерений без изменения.

Прибор будет подавать звуковой сигнал для указания на то, что результат успешно сохранен в памяти.

Примечание:

- Каждый сохраненный в памяти результат также включает в себя штамп даты и времени (дд:мм:гггг, чч:мм).

4.3.2 Вызов результатов

Для входа в Меню извлечения результатов (Recall results) в меню «Memory» (Память) следует нажать клавишу **SELECT (ВЫБОР)**.

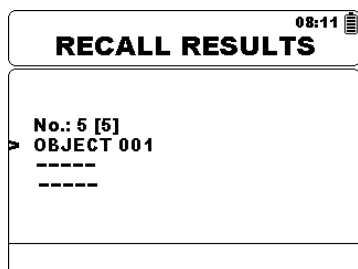


Рисунок 4.6: Меню извлечения результатов (Recall Results)

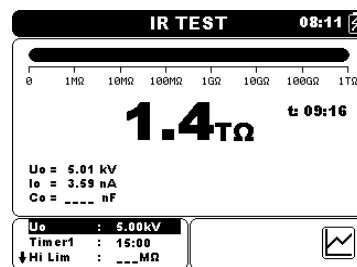


Рисунок 4.7: Экран извлеченных результатов

Кнопки в меню вызова:

▲ ▼	Выбрать один из следующих пунктов «OBJECT» (ОБЪЕКТ)/ «DUT» (ПРОВЕРЯЕМОЕ УСТРОЙСТВО)/«LINE» (ЛИНИЯ).
◀ ▶	Уменьшает или увеличивает параметр.
SELECT (ВЫБОР)	Извлекает результат в выбранном месте.
ESC (ВЫХОД)	Возврат к Меню памяти .

Клавиши на Экране извлечения результатов:

◀ ▶	Осуществляет переключения между сохраненными результатами по выбранным пунктам «OBJECT» (ОБЪЕКТ)/ «DUT» (ПРОВЕРЯЕМОЕ УСТРОЙСТВО)/«LINE» (ЛИНИЯ).
SELECT (ВЫБОР)	Вход на Экран извлечения графика результатов (Recall result graph), если он доступен.
ESC (ВЫХОД)	Возврат к Меню извлечения результатов .

Клавиши на Экране извлечения графика результатов:

◀ ▶	Перемещают курсор вдоль зарегистрированных данных.
SELECT (ВЫБОР)	Возврат к Экрану извлечения результатов.
ESC (ВЫХОД)	Возврат к Меню извлечения результатов .

4.3.3 Удаление результатов

Для входа в Меню удаления результатов (Delete results) в меню «Memory» (Память) следует нажать клавишу **SELECT (ВЫБОР)**. Могут удаляться единичные измерения или все измерения по выбранным пунктам «OBJECT» (ОБЪЕКТ)/ «DUT» (ПРОВЕРЯЕМОЕ УСТРОЙСТВО)/«LINE» (ЛИНИЯ).

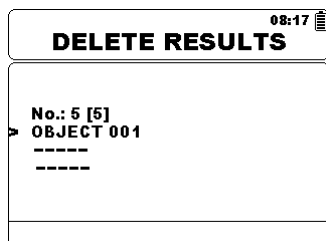


Рисунок 4.8: Удаление всех измерений по выбранному объекту

Клавиши в Меню удаления результатов:

▲ ▼	Выбрать один из следующих пунктов «OBJECT» (ОБЪЕКТ)/ «DUT» (ПРОВЕРЯЕМОЕ УСТРОЙСТВО)/«LINE» (ЛИНИЯ).
◀ ▶	Уменьшает или увеличивает параметр.
SELECT (ВЫБОР)	Вход на экран подтверждения удаления (Delete confirmation).
MEM (ПАМЯТЬ)	Вход в поле измерений для удаления отдельных измерений.
ESC (ВЫХОД)	Возврат к Меню памяти .

Клавиши в поле измерений для удаления отдельных измерений.

◀ ▶	Выбирают измерения, подлежащие удалению.
SELECT (ВЫБОР)	Вход на экран подтверждения удаления (Delete confirmation).
ESC (ВЫХОД)/ MEM (ПАМЯТЬ)	Возврат к области структуры.

Клавиши на Экране подтверждения удаления:

SELECT (ВЫБОР)	Удаляет результат(ы) в выбранном положении.
ESC (ВЫХОД)	Возврат к Меню удаления результатов без изменений.

4.3.4 Удаление пользовательского испытания

Единичное пользовательское испытание может быть удалено простым выбором теста из списка всех испытаний с последующим нажатием клавиши MEM.

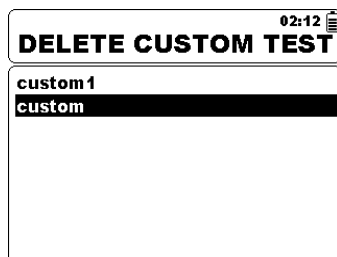


Рисунок 4.9: Удаление пользовательского испытания

Клавиши в Меню удаления пользовательского испытания:

▲ ▼	Выбор одного из следующих испытаний.
SELECT	Удаляет выбранное испытание.

(ВЫБОР)

ESC Возврат к **Меню памяти.**

(ВЫХОД)

4.3.5 Удаление всего содержимого памяти

При выборе функции **Clear all memory (Очистить всю память)** в меню «Memory» (Память) все содержимое памяти будет удалено.

Клавиши на Экране подтверждения очистки всей памяти:

◀ ▶ Осуществляет переключение между YES (ДА) или NO (НЕТ).

SELECT Очистить все содержимое памяти (если выбрано YES (ДА)).

(ВЫБОР)

ESC Возврат к **Главному меню** без изменений.

(ВЫХОД)

4.4 Меню настроек (Settings)

В меню «Settings» (Настройки) можно рассматривать или устанавливать различные параметры и настройки.

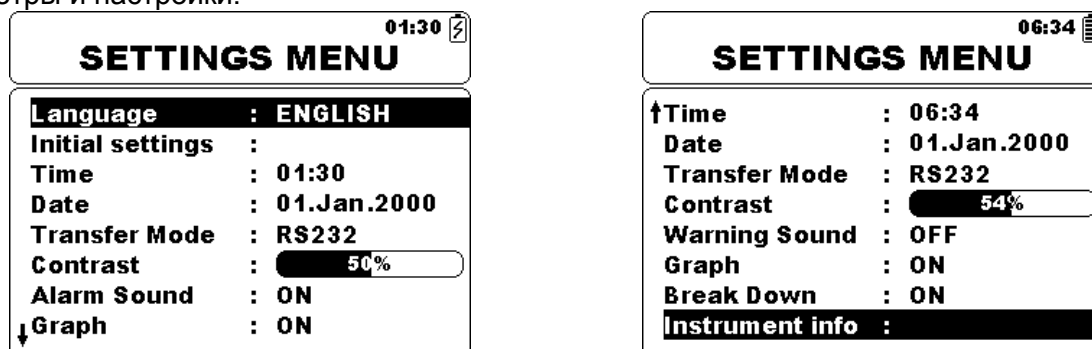


Рисунок 4.10: Меню "Settings" (Установки)

Клавиши:

Выбрать настройку, которая должна быть отрегулирована или рассмотрена:

<Language> (**Язык**) язык прибора;

<Initial Settings> (**Первоначальные настройки**) заводские настройки;

<Time> (**Время**) установки времени;

<Date> (**Дата**) установки даты;

<Transfer Mode> (**Режим переноса**) выбор режима связи;

<Contrast> (**Контраст**) настройка контраста ЖК-дисплея;

<Warning Sound> (**Предупредительный звуковой сигнал**) разблокирует или блокирует предупредительный звуковой сигнал высокого напряжения;

<Graph> (**График**) включает или выключает график;

<Break Down> (**Пробой**) разблокирует или блокирует обнаружение пробоя;

<Instrument Info> (**Информация о приборе**) основная информация о приборе.

SELECT Подтверждает выбор

(ВЫБОР)

ESC Возврат к **Главному меню.**

(ВЫХОД)

4.4.1 Выбор языка

Может быть установлен язык прибора.

Клавиши:

◀ ▶	Осуществляет переключение между различными языками (изменения сохраняются автоматически).
-----	---

Примечание:

- Для установления желаемого языка никакого подтверждения не требуется.

4.4.2 Выбор первоначальных настроек

В данном меню перечисленные ниже параметры прибора могут устанавливаться на их первоначальные значения:

- Все параметры измерений;
- Язык;
- Режим переноса;
- Установки контраста;
- Пользовательские измерения

Клавиши:

◀ ▶	Переключение между YES (ДА) или NO (НЕТ).
SELECT (ВЫБОР)	Подтверждение выбора и перезапуск прибора (если выбрано YES (ДА)).
ESC (ВЫХОД)	Возврат к Главному меню без изменений.

Примечание:

- Применение первоначальных настроек будет приводить к перезапуску прибора.

4.4.3 Выбор времени

Здесь можно установить время прибора.

Клавиши:

◀ ▶	Уменьшает или увеличивает параметр (изменения сохраняются автоматически).
SELECT (ВЫБОР)	Выбрать параметр, подлежащий изменению.

Время прилагается к каждому сохраненному результату.

4.4.4 Выбор даты

Здесь можно установить дату прибора.

Клавиши:

◀ ▶	Уменьшает или увеличивает параметр (изменения сохраняются автоматически).
SELECT (ВЫБОР)	Выбрать параметр, подлежащий изменению.

Дата прилагается к каждому сохраненному результату.

Примечание:

- В случае удаления аккумулятора время и дата прибора будут потеряны.

4.4.5 Режим передачи

Может быть установлен режим связи прибора.

Клавиши:

◀ ▶ Переключение между режимами передачи RS232, USB и Bluetooth.

Примечание:

- Для установления желаемого режима передачи никакого подтверждения не требуется.

4.4.6 Выбор контраста

Здесь можно установить контраст дисплея.

Клавиши:

◀ ▶ Установка значения контраста (изменения сохраняются автоматически).

Примечание:

- При использовании прибора в холодной среде уровень контраста следует повысить.

4.4.7 Предупредительный сигнал

Здесь может быть установлен предупредительный сигнал. При включении данной функции будет подаваться предупредительный звуковой сигнал, когда на входных клеммах от +Rx до -Rx будет подаваться высокое напряжение (≥ 50 В среднеквадратичного значения).

Клавиши:

◀ ▶ Переключение между YES (ДА) или NO (НЕТ) (изменения сохраняются автоматически).


4.4.8 Выбор графиков

Здесь можно установить регистрацию графика R(t).

Клавиши:

◀ ▶ Переключение между YES (ДА) или NO (НЕТ) (изменения сохраняются автоматически).

Примечание:

- Когда отображается значок , внутренняя флэш-память является заполненной, и регистрация графика отключается.

4.4.9 Выбор пробоя

Здесь может быть установлен режим защиты от пробоя. При использовании данного режима цепь защиты от пробоя автоматически останавливает процедуру измерения.

Клавиши:

- ◀ ▶ Переключение между YES (ДА) или NO (НЕТ) (изменения сохраняются автоматически).

Примечания:

- ❑ Режим защиты от пробоя не активен при выполнении испытания на электрическую прочность и в состоянии зарядки высоковольтного генератора.
- ❑ Режим пробоя является активным, если устанавливаются выходные напряжения, равные 1 кВ или превышающие это значение!

4.4.10 Информация о приборе

В данном меню показываются следующие данные о приборе:

- ❑ версия микропрограммного обеспечения;
- ❑ серийный номер;
- ❑ дата калибровки;
- ❑ тип аккумулятора.

4.5 Меню справки (Help)

Меню «Help» (Справка) содержит принципиальные схемы для иллюстрации правильного подключения прибора к различным тест-объектам.

Кнопки в меню справки:

- ▲ ▼ Выбор следующего / предыдущего экрана помощи.
- ESC Возврат к **Меню настроек**.

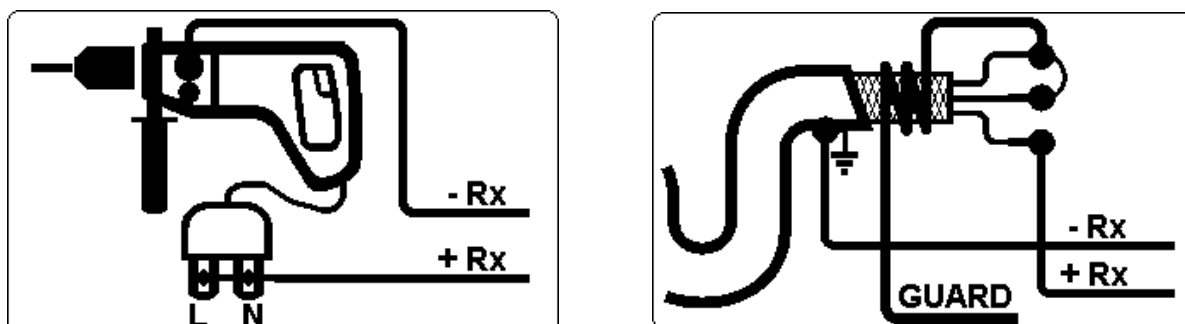


Рисунок 4.11: Примеры меню справки

5 Измерения

5.1 Общая информация об испытаниях при высоком напряжении

5.1.1 Назначение испытаний изоляции

Изоляционные материалы составляют важную часть почти каждого электрического изделия. Свойства материалов зависят не только от их химического состава, но также от температуры, загрязненности, влаги, старения, электрического и механического напряжения и т.д. Для обеспечения безопасности и надежности в эксплуатации требуется регулярное техническое обслуживание и испытание изоляционного материала для поддержания его в исправном рабочем состоянии. Для испытания изоляции используются испытания при высоком напряжении.

5.1.2 Испытательное напряжение постоянного или переменного тока

Испытание с использованием напряжения постоянного тока широко используются, являясь столь же полезными, как и испытания с использованием переменного и/или пульсирующего тока. Напряжения постоянного тока могут использоваться для испытаний на пробой, в особенности, в тех случаях, когда высокие токи емкостной утечки мешают проведению измерений с использованием переменного или пульсирующего тока. Постоянный ток используется, главным образом, для испытаний с измерением сопротивления изоляции. В испытании данного типа напряжение определяется соответствующей группой применения изделия. Это напряжение ниже напряжения, используемого в испытание на электрическую прочность, таким образом, что испытания можно проводить чаще, не подвергая испытываемый материал излишнему напряжению.

5.1.3 Типичные испытания изоляции

В целом, испытания на сопротивление изоляции состоят из следующих возможных процедур:

- ☐ Простое измерение сопротивления изоляции, называемое также точечное испытание;
- ☐ Измерение соотношения между напряжением и сопротивлением изоляции;
- ☐ Измерение соотношения между временем и сопротивлением изоляции;
- ☐ Испытание остаточного заряда после разряда диэлектрика.

Результаты данного испытания могут указывать на то, требуется ли замена системы изоляции.

Типичными примерами, в которых рекомендуются испытание сопротивления изоляции и ее диагностика, являются системы изоляции трансформаторов и электродвигателей, кабели и другое электрооборудование.

5.1.4 Электрическое представление изолирующего материала

На Рисунке 5.1 представлена эквивалентная электрическая цепь изоляционного материала.

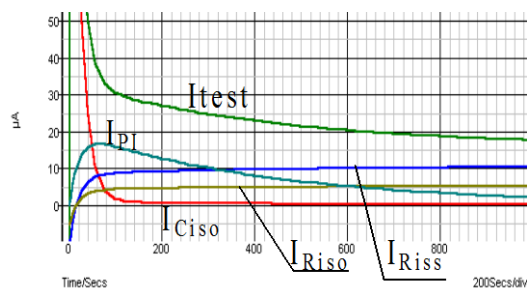
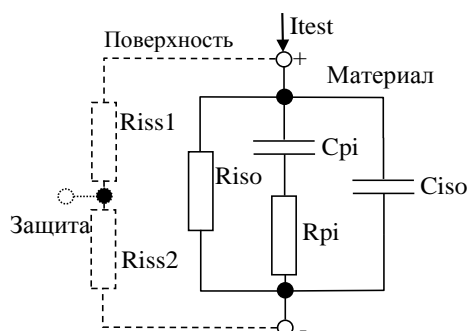


Рисунок 5.1: Изоляционный материал

где

- R_{iss1} и R_{iss2} — поверхностное удельное сопротивление (положение дополнительного присоединения защиты).
- R_{iso} — фактическое изоляционное сопротивление материала.
- C_{iso} — емкость материала.
- C_{pi} , R_{pi} — представляет эффекты поляризации.
- I_{test} — общий испытательный ток ($I_{test} = I_{pi} + I_{RISO} + I_{RISS}$).
- I_{pi} — ток поглощения поляризации.
- I_{RISO} — фактический ток изоляции.
- I_{RISS} — ток утечки по поверхности.

5.2 Некоторые прикладные примеры

5.2.1 Проверка основного сопротивления изоляции

Почти каждый стандарт, касающийся безопасности электрооборудования и установок, требует выполнения базовой проверки сопротивления. При проверке более низких значений (в диапазоне $M\Omega$) обычно преобладает основное сопротивление изоляции (Riso). Результаты являются адекватными и быстро стабилизируются.

Важно помнить следующее:

- ❑ Напряжение, время и предел обычно задаются в соответствующем стандарте или нормативном акте.
- ❑ Время измерения должно устанавливаться на 60 с или минимальное время, требуемое для зарядки емкости изоляции.
- ❑ Иногда приходится принимать в расчет температуру окружающей среды и приводить результат к стандартной температуре в 40°C.
- ❑ Если токи утечки по поверхности мешают проведению измерений (см. Riss выше), необходимо использовать защитное соединение. Это приобретает особую важности при измерении величин в диапазоне $G\Omega$.

5.2.2 Испытание на зависимость от напряжения – испытание со ступенчатым изменением напряжения

Данное испытание показывает, находится ли испытываемая изоляция под электрическим или механическим напряжением. В данном случае количество и размер аномалий изоляции (например, трещин, местных пробоев, проводящих частей и т.д.) повышается, и общее напряжение пробоя снижается. Избыточная влажность и загрязнение играют важную роль, в особенности в случае механического напряжения.

- ❑ Шаги испытательного напряжения обычно близки к тем, которые требуются при проведении испытаний на электрическую прочность с использованием постоянного тока.
- ❑ Иногда рекомендуется, чтобы максимальное напряжение для данного испытания не превышало 60% выдерживаемого напряжения.

Если результаты последовательных испытаний демонстрируют снижение испытываемого сопротивления изоляции, изоляция подлежит замене.

5.2.3 Испытание на зависимость от напряжения – диагностическое испытание

5.2.3.1 Индекс поляризации – PI

Цель данного диагностического испытания заключается в оценке влияния поляризационной части изоляции (R_{pi} , C_{pi}). После приложения высокого напряжения к изолятору, электрические диполи, распределенные в изоляторе, выстраиваются в направлении прикладываемого электрического поля. Этот феномен называется поляризацией. По мере того, как молекулы поляризуются, ток поляризации (поглощения) снижает общее изоляционное сопротивление материала.

Ток поглощения (IPI) обычно угасает по истечении нескольких минут. Если общее сопротивление материала не возрастает, это означает, что другие токи (например, утечки по поверхности) контролируют общее изоляционное сопротивление.

- ❑ PI определяется как отношение величин сопротивления, измеренных через два отрезка времени. Наиболее типичным является отношение значения сопротивления, полученного через 10 минут воздействия испытательного

напряжения, к значению, полученному через 1 минуту воздействия испытательного напряжения, но это не является правилом.

- ❑ Данное испытание обычно выполняется при том же самом напряжении, что и проверка сопротивления изоляции.
- ❑ Если сопротивление изоляции, измеренное в течение одной минуты, превышает 5000 МОм, то данное измерение может быть недействительным (новые современные типы изоляции).
- ❑ Промасленная бумага, используемая в трансформаторах или электродвигателях, является типичным материалом, требующим данного испытания.

В целом, изоляторы, которые находятся в исправном состоянии, будут демонстрировать «высокий» индекс поляризации, тогда как поврежденные изоляторы такого индекса демонстрировать не будут. Необходимо иметь в виду, что данное правило не всегда является справедливым. За дополнительной информацией следует обращаться к справочнику компании Metrel **Методики испытания изоляции**.

Общие применимые величины:

Величина PI	Состояние испытываемого материала
1 – 1,5	Неприемлемо (более старые типы).
2 – 4 (типичное значение 3).	Считается хорошей изоляцией (более старые типы).
> 4 (очень высокое сопротивление изоляции).	Современный тип систем (хорошей) изоляции.

Пример минимальных приемлемых значений для изоляции электродвигателя (IEEE 43):
Класс А = 1,5, Класс В = 2,0, Класс F = 2,0, Класс Н = 2,0.

5.2.3.2 Коэффициент рассеивания диэлектрика – DD;

Дополнительным эффектом поляризации является заряд восстановления (из C_{pi}) после регулярного разряда завершенного испытания. Это может быть также дополнительным измерением для оценки качества изоляционного материала. Этот эффект обычно проявляется в системах с большой емкостью C_{iso}.

Эффект поляризации (описанный в «Индексе поляризации») приводит к возникновению емкости (C_{pi}). В идеале, данный заряд рассеивался бы сразу же после снятия напряжения с материала. На практике это не так.

В сочетании с индексом поляризации (PI), коэффициент рассеивания диэлектрика (DD) является еще одним способом проверки качества и пригодности изоляционного материала. Материал, который быстро разряжается, демонстрировал бы более низкое значение, тогда как материал, требующий более длительного времени для разряда будет демонстрировать более высокое значение (описанное в таблице, приведенной ниже, за дополнительной информацией обращаться к разделу 5.6).

Значение DD	Состояние испытываемого материала
> 4	Плохое
2 – 4	Критическое
< 2	Хорошее

5.2.4 Испытание на электрическую прочность

Некоторые стандарты позволяют использовать напряжение постоянного тока в качестве альтернативы использованию переменного тока для испытания на электрическую прочность. Для этой цели испытательное напряжение должно прилагаться к испытываемой изоляции в течение конкретного времени. Изоляционный материал проходит испытание только при отсутствии пробоя или перекрытия. Стандарты рекомендуют, чтобы испытание начиналось при низком напряжении и достигало конечного испытательного напряжения с уклоном, поддерживающим зарядный ток ниже предела токового порога. Продолжительность испытания обычно составляет 1 мин.

Испытание на электрическую прочность или диэлектрическое испытание обычно применяется к:

- ❑ типовым (приемочным) испытаниям при подготовке нового изделия к производству,
- ❑ текущим (производственным) испытаниям для проверки безопасности каждого изделия,
- ❑ эксплуатационным испытаниям и испытаниям после технического обслуживания для любого оборудования, в котором система изоляции подвержена ухудшению характеристик.

Некоторые примеры значений испытательного напряжения, используемых при испытаниях на электрическую прочность:

Стандартные (только примеры значений)	Напряжение
EN/МЭК 61010-1 CAT II 300 В (силовые схемы) – основная изоляция	2100 В
EN/МЭК 61010-1 CAT II 300 В (силовые схемы) – усиленная изоляция	4200 В
МЭК 60439-1 (промежуток между токоведущими частями...), выдерживаемое импульсное напряжение 4 кВ, 500 м	4700 В
МЭК 60598-1	2120 В

Измерения влажности и изоляционного сопротивления

При выполнении испытаний за пределами эталонных условий окружающей среды на качество измерений сопротивления изоляции может оказывать влияние влажность. Влажность добавляет пути утечки на поверхность всей измерительной системы (т.е. испытываемого изолятора, измерительных выводов, измерительного прибора и т.д.). Влияние влажности снижает точность, в особенности, при испытании очень высоких сопротивлений (т.е. тераом). Наихудшие условия возникают в окружающих средах с высоким уровнем конденсации, что может также снизить уровень безопасности. При высокой влажности рекомендуется обеспечить вентиляцию участков испытаний перед измерениями и в процессе их выполнения. В случае конденсированной влаги измерительная система должна высохнуть, и этот процесс может занять несколько часов или даже суток.

5.3 Защитная клемма

Назначение защитной клеммы (GUARD) заключается в отводе потенциальных токов утечки (например, поверхностных токов), которые сами по себе не обусловлены измеряемым изоляционным материалом, а являются результатом загрязнения поверхности и присутствия на ней влаги. Этот ток мешает проведению измерений, т.е. оказывает влияние на результат измерения сопротивления изоляции. ЗАЩИТНАЯ клемма имеет внутреннее присоединение к точке, имеющей тот же самый потенциал, что и отрицательная измерительная клемма (черная). Пружинный зажим защитной клеммы следует присоединять к испытываемому объекту, таким образом, чтобы собирать большую часть нежелательного тока утечки, см. Рисунок ниже.

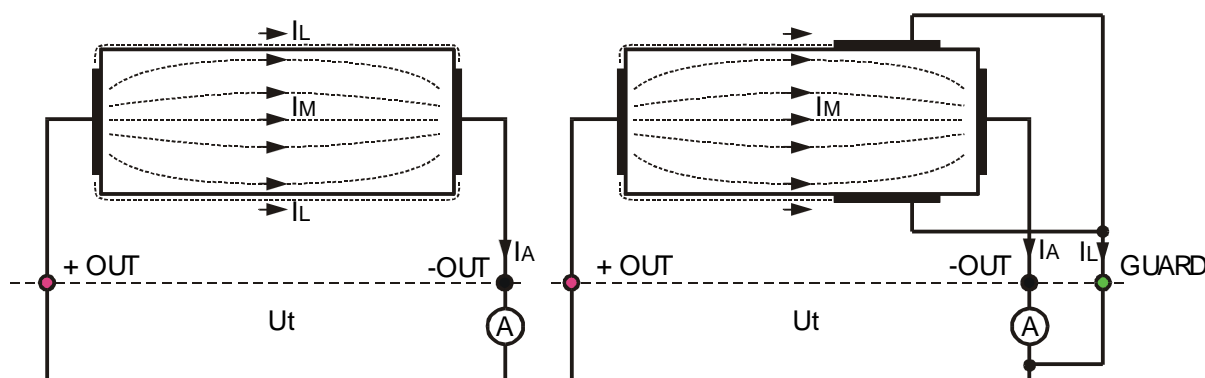


Рисунок 5.2: Присоединение защитной клеммы (GUARD) к объекту измерений

где

U_tИспытательное напряжение

I_L– ток утечки (являющийся результатом грязи и влаги на поверхности)

I_M– ток в материале (обусловленный состоянием материала)

I_A– ток амперметра

Результат без использования защитной клеммы (GUARD):

$$R_{ins} = \frac{U_t}{I_A} = \frac{U_t}{(I_M + I_L)} \quad \text{Неправильный результат.}$$

Результат с использованием защитной клеммы (GUARD):

$$R_{ins} = \frac{U_t}{I_A} = \frac{U_t}{I_M} \quad \text{Правильный результат.}$$

Рекомендуется использовать защитное соединение (GUARD) при измерении сопротивления изоляции (>10 ГОм).

Примечания:

- ❑ Защитная клемма защищена полным внутренним сопротивлением ($400 \, \Omega$).
- ❑ Прибор имеет две защитные клеммы, что позволяет легко присоединять к нему экранированные измерительные выводы.

5.4 Опции усреднения

В систему встроены фильтры и дополнительные средства усреднения для уменьшения влияния помех на результаты измерения. Данная опция позволяет получать более стабильные результаты, в особенности, при работе с высоким сопротивлением изоляции. При измерении на изоляции показывается состояние опции усреднения в окне управления измерениями на экране ЖК-дисплея. Таблица, приведенная ниже, содержит определение отдельных опций фильтров:

Опции усреднения	Время установки	Значение
- - -	0 с	Усреднение отключено
5 результатов	5 с	Вывод среднего значения из 5 результатов
10 результатов	10 с	Вывод среднего значения из 10 результатов
30 результатов	30 с	Вывод среднего значения из 30 результатов
60 результатов	60 с	Вывод среднего значения из 60 результатов

5.4.1 Цель усреднения

В простом понимании, усреднение сглаживает результаты измерений.

Существуют различные источники возмущений:

- ❑ Переменные токи сетевой частоты и их гармоники, переходные процессы при переключении и т.д. приводят к тому, что результаты становятся неустойчивыми. Эти токи создают, главным образом, перекрестные наводки через емкости изоляции, расположенные поблизости от токоведущих систем,
- ❑ Другие токи, присоединенные или наведенные в электромагнитной среде испытываемой изоляции,
- ❑ **Пульсирующая составляющая постоянного тока от внутреннего источника высокого напряжения.**

$$i(t) = C \times \frac{dU(t)}{dt}$$

- ❑ Эффекты зарядки при высоких емкостных нагрузках и/или в случае длинных кабелей.

Изменения напряжения являются относительно узкими на изоляции, обладающей высоким сопротивлением, поэтому наиболее важным пунктом является фильтрация измеряемого тока.

Примечания:

- ❑ Любой из выбранных вариантов фильтров увеличивает время успокоения.
- ❑ При использовании усреднения необходимо уделять особое внимание выбору интервалов времени.
- ❑ Рекомендованным минимальным временем измерения при использовании усреднения является время успокоения для выбранного варианта усреднения.

5.4.2 Пример усреднения

Емкостной объект испытания 200 нФ

Измерение сопротивления изоляции

Параметры испытаний:

$U_n = 5,00 \text{ кВ}$

Таймер 1 = 5:00 мин

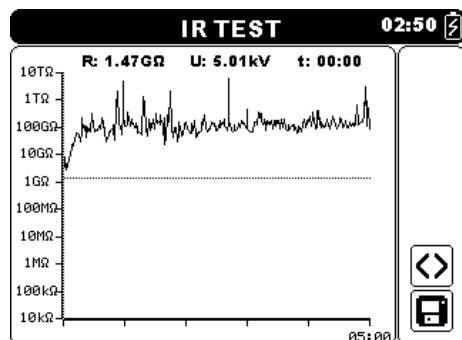


Рисунок 5.3: Измерение изоляции
(УСРЕДНЕНИЕ _ _ _)

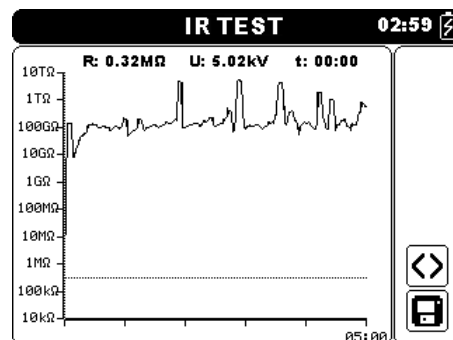


Рисунок 5.4: Измерение изоляции
(УСРЕДНЕНИЕ 5 с)

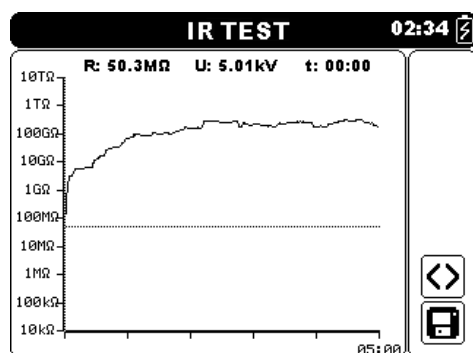


Рисунок 5.5: Измерение изоляции
(УСРЕДНЕНИЕ 30 с)

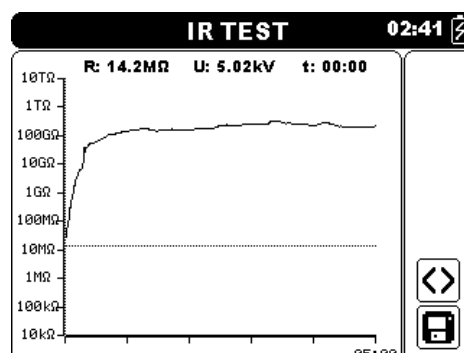


Рисунок 5.6: Измерение изоляции
(УСРЕДНЕНИЕ 60 с)

5.5 Меню измерений (Measurement)

В Меню измерений (Measurement) могут быть выбраны 5 различных измерений и испытаний.

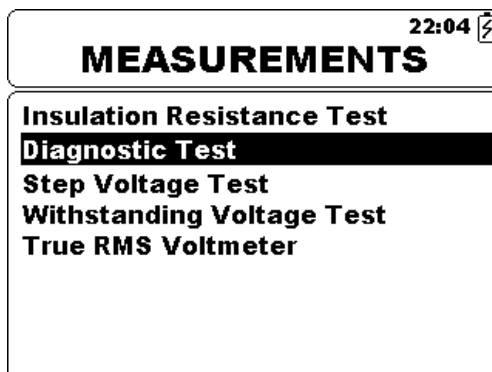


Рисунок 5.7: Меню измерений

Клавиши:

▲ ▼	Выбранное измерение или испытание.
SELECT (ВЫБОР)	Вход в окно выбранной функции измерения.
ESC (ВЫХОД)	Возврат к Главному меню .

5.6 Измерение сопротивления изоляции

Испытание может начинаться из окна «Insulation Resistance Measurement» (Измерение сопротивления изоляции). Перед проведением испытания можно редактировать такие параметры, как выходное напряжение, таймер, верхний предел и дополнительное усреднение.

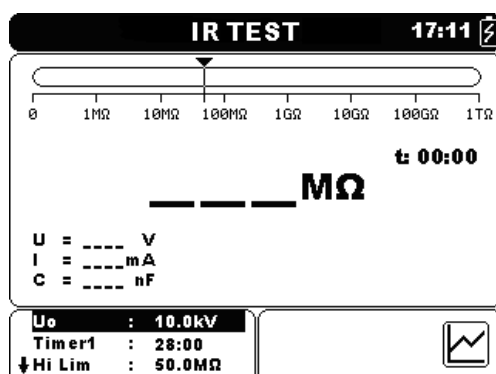


Рисунок 5.8: Меню «Insulation Resistance Measurement» (Измерение сопротивления изоляции)

Параметры испытаний для измерения сопротивления изоляции

Un	Установка испытательного напряжения – шаг 50 В (50 В – 1 кВ) и 100 В (1 кВ – 10 кВ).
Timer1 (Таймер 1)	Продолжительность измерения (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Hi Lim (Верхний предел)	Выбор предельного значения (ВЫКЛ, 0,50 МОм – 1,0 ТОм).
AVG (Усреднение)	Дополнительное усреднение значений результатов (ВЫКЛ, 5, 10, 30, 60).

Клавиши:

▲ ▼	Выбор позиции для настройки.
◀ ▶	Установка значения для выбранной позиции.
SELECT (ВЫБОР)	Переключение между видом графика и видом результатов. (График может быть включен из меню «Settings» (Настройки)).
MEM (ПАМЯТЬ)	Вход в Меню сохранения пользовательского испытания. Сохранение результатов (при их наличии).
START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)	Пуск или останов измерения сопротивления изоляции.
ESC (ВЫХОД)	Выход в Меню измерений.

Клавиши на графическом экране – измерение завершено:

◀ ▶	Перемещают курсор вдоль отображаемых графических данных.
▲ ▼	Включение/выключение курсоров

Процедура измерения сопротивления изоляции

- ❑ Выбрать функцию **Insulation Resistance Measurement (Измерение сопротивления изоляции)**.
- ❑ Установить параметры испытания (напряжение, таймер, верхний предел, усреднение).
- ❑ Присоединить измерительные выводы к прибору и испытываемому объекту.
- ❑ Нажать клавишу **START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)** для начала измерения.
- ❑ Нажать клавишу **SELECT (ВЫБОР)** для переключения между видом графика и видом результатов (дополнительно).
- ❑ Дождаться стабилизации результата испытаний, затем нажать клавишу **START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)** еще раз для остановки измерения или ожидания завершения обратного отсчета таймером.
- ❑ Дождаться разрядки испытываемого объекта.
- ❑ Сохранить результат нажатием клавиши **MEM (ПАМЯТЬ)** (дополнительно).

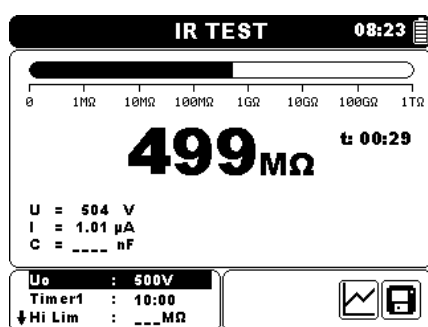


Рисунок 5.9: Пример результата измерения сопротивления изоляции

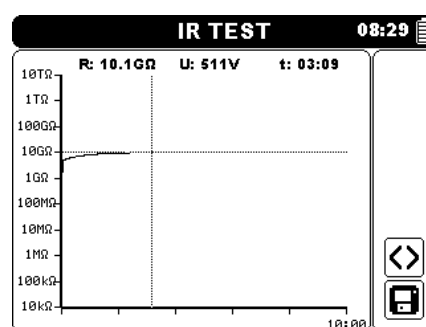


Рисунок 5.10: Пример вида графика измерения сопротивления изоляции

Предупреждение:

- ❑ За информацией по мерам предосторожности обращаться к главе «Предупреждения»!
- ❑ Запрещается дотрагиваться до испытываемого объекта во время измерений, а также до момента его полного разряда по завершению измерений! Существует риск поражения электрическим током!

Примечания:

- ❑ При начале измерения необходимо ознакомиться с отображаемыми предупреждениями!
- ❑ В процессе измерения на дисплее появляется предупредительный символ высокого напряжения для предупреждения оператора об испытательном напряжении, которое может представлять опасность.
- ❑ Значение емкости измеряется во время окончательной разрядки испытываемого объекта.

5.6.1 Set Limit (Установка предела)

При наличии верхнего предела пользователю разрешается устанавливать предельное значение сопротивления. Измеренное сопротивление сравнивается с пределом. Результат вводится в действие только при условии, что он укладывается в заданное ограничение. Предел указывается маркером гистограммы (см. Рисунок 5.10).

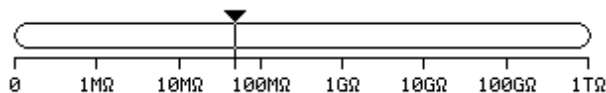


Рисунок 5.11: Маркер пределов

Окно сообщения:



Результат измерения находится в заданном пределе.



Результат измерения выходит за заданный предел.

Примечание:

- Индикация Pass/Fail (Проходит/не проходит) отображается только в том случае, если установлен предел, и в процессе измерения не обнаруживаются пробой, перенапряжение или помехи.

5.7 Диагностическое испытание

Диагностическое испытание представляет собой длительное испытание по оценке качества испытываемого изоляционного материала. Результаты данного испытания позволяют принять решение о профилактической замене изоляционного материала. Испытание может начинаться из окна «Diagnostic Test» (Диагностическое испытание). Перед проведением испытания можно отредактировать параметры.

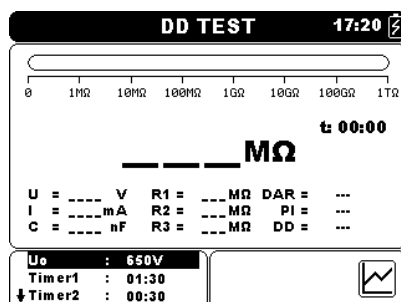


Рисунок 5.12: Меню диагностического испытания

Параметры диагностического испытания

Un	Установка испытательного напряжения – шаг 50 В (50 В – 1 кВ) и 100 В (1 кВ – 10 кВ).
Timer1 (Таймер 1)	Задержка начала измерения DAR (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Timer2 (Таймер 2)	Задержка начала измерения PI (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Timer3 (Таймер 3)	Продолжительность измерения (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
DD	Включение или отключения проверки коэффициента рассеивания диэлектрика.
AVG (Усреднение)	Дополнительное усреднение значений результатов (ВЫКЛ, 5, 10, 30, 60).

Клавиши:

▲ ▼	Выбор позиции для настройки.
◀ ▶	Установка значения для выбранной позиции.
SELECT (ВЫБОР)	Переключение между видом графика и видом результатов. (График может быть включен из меню «Settings» (Настройки)).
MEM	Вход в Меню сохранения пользовательского испытания. Сохранение результатов (при их наличии).
START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)	Пуск или останов диагностического испытания.
ESC (ВЫХОД)	Выход в Меню измерений.

Клавиши на графическом экране – измерение завершено:

◀ ▶	Перемещают курсор вдоль отображаемых графических данных.
▲ ▼	Включение/выключение курсоров

Процедура диагностического испытания:

- ❑ Выбрать функцию **Diagnostic test (Диагностическое испытание)**.
- ❑ Установить параметры испытания (напряжение, таймер 1 ...).
- ❑ Присоединить измерительные выводы к прибору и испытываемому объекту.
- ❑ Нажать клавишу **START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)** для начала измерения.
- ❑ Нажать клавишу **SELECT (ВЫБОР)** для переключения между видом графика и видом результатов (дополнительно).
- ❑ Дождаться окончания обратного отсчета таймера.
- ❑ Дождаться разрядки испытываемого объекта.
- ❑ Сохранить результат нажатием клавиши **МЕМ (ПАМЯТЬ)** (дополнительно).

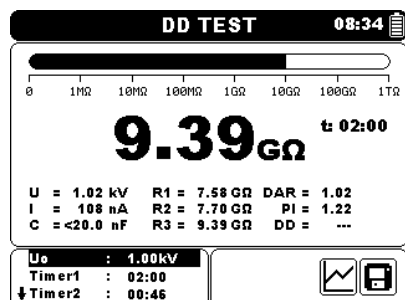


Рисунок 5.13: Пример результата диагностического испытания

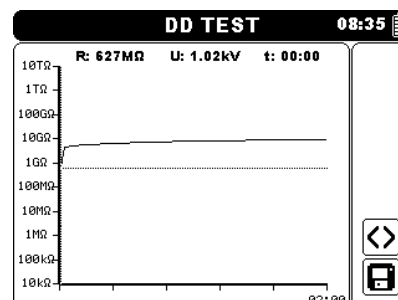
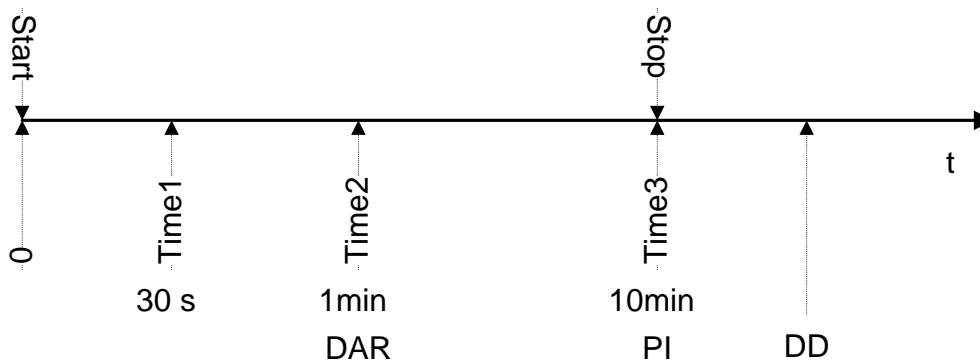


Рисунок 5.14: Пример вида графика диагностического испытания

Таймер 1, Таймер 2 и Таймер 3 – таймеры с одной и той же точкой запуска. Значение каждого из них представляет продолжительность от начала измерения. Максимальное время ограничено величиной в 99 мин. Соотношение между таймерами показано на приведенном ниже рисунке.



$$\text{Time1} \leq \text{Time2}$$

$$\text{Time2} \leq \text{Time3}$$

Рисунок 5.15 Соотношение между таймерами

5.7.1 Коэффициент абсорбции диэлектрика (DAR)

DAR представляет собой отношение величин сопротивлений изоляции, измеренных через 30 секунд и через 1 минуту. На протяжении всего периода испытания присутствует испытательное напряжение постоянного тока (кроме того, непрерывно выполняется измерение сопротивления изоляции). По завершении измерения величина DAR отображается на дисплее:

$$DAR = \frac{R_{iso}(Timer2_ (1\ min))}{R_{iso}(Timer1_ (30s))}$$

Некоторые применимые значения для DAR (Таймер 1 = 30 с и Таймер 2 = 1 мин):

Значение DAR	Состояние испытываемого материала
< 1	Плохая изоляция
$1 \leq DAR \leq 1,25$	Приемлемая изоляция
> 1,4	Очень хорошая изоляция

Примечание:

- При определении R_{iso} (30 с) необходимо уделять особое внимание емкости испытываемых объектов. В течение первого временного отрезка они должны заряжаться (30 с). Приблизительное значение максимальной емкости определяется по формуле:

$$C_{max} [\mu F] = \frac{t [s] \times 10^3}{U [V]}$$

Где:

t.....– период первого отрезка времени (например, 30 с).

U.....– испытательное напряжение.

5.7.2 Индекс поляризации (PI)

PI представляет собой соотношение величин сопротивлений изоляции, измеренных через 1 минуту и через 10 минут. На протяжении всего периода измерения присутствует испытательное напряжение постоянного тока (кроме того, непрерывно выполняется измерение сопротивления изоляции). По завершении испытания величина PI отображается на дисплее:

$$PI = \frac{R_{iso}(Timer3_ (10\ min))}{R_{iso}(Timer2_ (1\ min))}$$

Некоторые применимые значения для PI (Таймер 2 = 1 мин и Таймер 3 = 10 мин):

Величина PI	Состояние испытываемого материала
1 – 1,5	Неприемлемо (более старые типы)
2 – 4	Считается хорошей изоляцией (более старые типы)
4	Современный тип систем хорошей изоляции.

Примечание:

- При определении Riso (1 мин) необходимо уделять особое внимание емкости испытываемых объектов. В течение первого временного отрезка они должны заряжаться (1 мин). Приблизительное значение максимальной емкости определяется по формуле:

$$C_{\max} [\mu F] = \frac{t [s] \times 10^3}{U [V]}$$

где

t.....– период первого отрезка времени (например, 1 мин).

U.....– испытательное напряжение.

Анализ изменения измеряемого сопротивление изоляции с течением времени и расчет величин DAR и PI являются очень полезными эксплуатационными испытаниями изоляционного материала.

5.7.3 Проверка коэффициента рассеивания диэлектрика (DD)

DD представляет собой диагностическое испытание изоляции, проводимое после завершения измерения сопротивления изоляции. Обычно изоляционный материал остается присоединенным к источнику испытательного напряжения в течение 1 ÷ 30 мин, а затем разряжается до проведения испытания DD. По истечении 1 минуты ток разряда измеряется для обнаружения повторного поглощения заряда изоляционным материалом. Высокий ток повторного поглощения указывает на загрязненную изоляцию (главным образом, вследствие влаги):

$$DD = \frac{Idis1 \text{ min} [nA]}{U [V] \times C [\mu F]}$$

где

Idis 1 мин.....– ток разряда, измеренный через 1 минуту после обычного разряда.

C.....– емкость испытываемого объекта.

U.....– испытательное напряжение.

Высокий ток повторного поглощения указывает на то, что изоляция загрязнена, обычно влагой. Типичные значения коэффициента рассеивания диэлектрика показаны в Таблице.

Значение DD	Состояние испытываемого материала
> 4	Плохое
2 – 4	Критическое
< 2	Хорошее

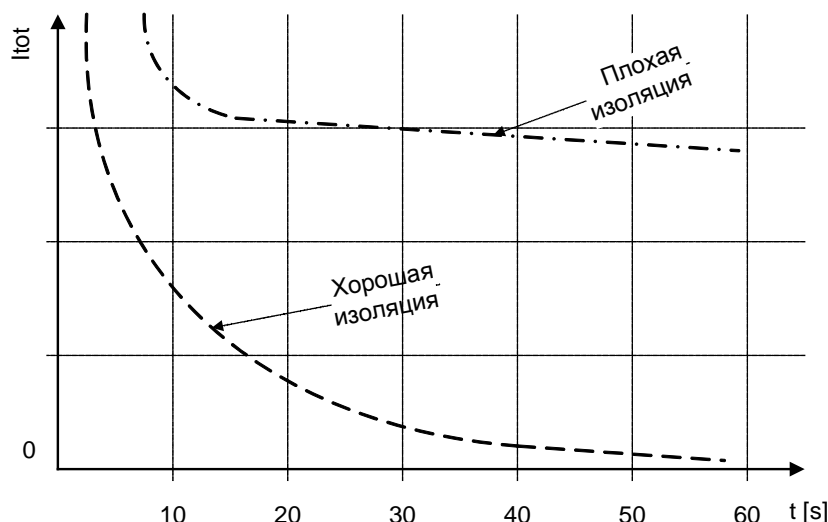


Рисунок 5.16: График зависимости тока от времени для хорошей и плохой изоляции с использованием метода разряда диэлектрика

Испытание методом коэффициента рассеивания диэлектрика очень полезно для проверки многослойной изоляции. Это испытание может выявить избыточные токи разряда, которые возникают в случае повреждения или загрязнения одного из слоев многослойной изоляции. Это состояние не будет определяться ни при испытании в точках, ни при испытании на индекс поляризации. Ток разряда будет выше для известного напряжения и емкости в случае повреждения внутреннего слоя. Постоянная времени данного отдельного слоя будет отличаться от других слоев, что приведет к более высокому току, чем в случае целой изоляции.

Предупреждение:

- ❑ За информацией по мерам предосторожности обращаться к главе «Предупреждения»!
- ❑ Не дотрагивайтесь до испытываемого объекта во время измерений, а также до момента его полного разряда по завершению измерений! Существует риск поражения электрическим током!

Примечания:

- ❑ При начале измерения необходимо ознакомиться с отображаемыми предупреждениями!
- ❑ В процессе измерения на дисплее появляется предупредительный символ высокого напряжения для предупреждения оператора об испытательном напряжении, которое может представлять опасность.
- ❑ Значение емкости измеряется во время окончательной разрядки испытываемого объекта.
- ❑ Если данная функция включена, прибор выполняет измерение коэффициента рассеивания диэлектрика (DD), когда емкость находится в диапазоне от 20 нФ до 50 мкФ.
- ❑ Продолжительность времени графика $R(t)$ равна значению, установленному на Таймере 3.
- ❑ Время, установленное на таймере, может быть очень продолжительным (до 99 минут), поэтому для отображения графика $R(t)$ на ЖК-дисплее используется специальный алгоритм автоматической децимации.
- ❑ Если включено дополнительное усреднение (AVG) значения результатов, то значения PI и DAR рассчитываться не будут (---).

5.8 Испытание со ступенчатым изменением напряжения

При проведении данного испытания измерения на изоляции выполняются в течение пяти равных периодов времени при испытательных напряжениях от одной пятой конечного испытательного напряжения до полной шкалы (Рисунок 5.17). Данная функция иллюстрирует соотношение сопротивления изоляции материалов и прилагаемого к ней напряжения.

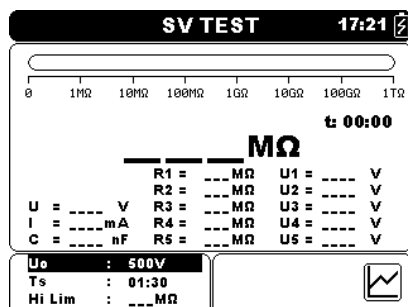


Рисунок 5.17: Меню испытания со ступенчатым изменением напряжения

Параметры испытания со ступенчатым изменением напряжения

Un	Установка испытательного напряжения – шаг 50 В (50 В – 1 кВ) и 100 В (1 кВ – 10 кВ).
Timer1 (Таймер 1)	Продолжительность измерения (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
AVG (Усреднение)	Дополнительное усреднение значений результатов (ВЫКЛ, 5, 10, 30, 60).

Клавиши:

▲ ▼	Выбор позиции для настройки.
◀ ▶	Установка значения для выбранной позиции.
SELECT (ВЫБОР)	Переключение между видом графика и видом результатов. (График может быть включен из меню «Settings» (Настройки)).
MEM	Вход в Меню сохранения пользовательского испытания. Сохранение результатов (при их наличии).
START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)	Пуск или останов испытания со ступенчатым изменением напряжения.
ESC (ВЫХОД)	Выход в Меню измерений.

Клавиши на графическом экране – измерение завершено:

◀ ▶	Перемещают курсор вдоль отображаемых графических данных.
▲ ▼	Включение/выключение курсоров

Процедура испытания со ступенчатым изменением напряжения

- ☐ Выбрать функцию **Step Voltage Test (Испытание со ступенчатым изменением напряжения)**.
- ☐ Установить параметры испытания (напряжение, таймер ...).
- ☐ Присоединить измерительные выводы к прибору и испытываемому объекту.
- ☐ Нажать клавишу **START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)** для начала измерения.
- ☐ Нажать клавишу **SELECT (ВЫБОР)** для переключения между видом графика и видом результатов (дополнительно).
- ☐ Дождаться окончания обратного отсчета таймера.
- ☐ Дождаться разрядки испытываемого объекта.
- ☐ Сохранить результат нажатием клавиши **MEM (ПАМЯТЬ)** (дополнительно).

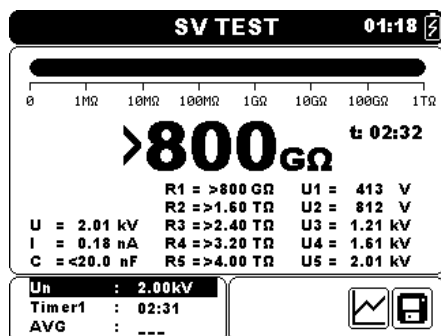


Рисунок 5.18: Пример результата испытания со ступенчатым изменением напряжения

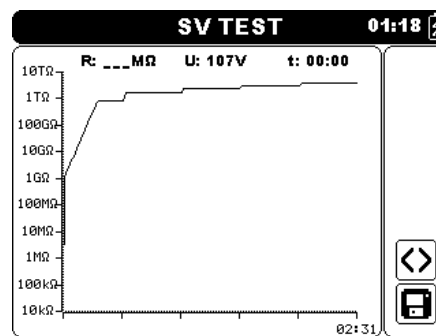


Рисунок 5.19: Пример вида графика испытания со ступенчатым изменением напряжения

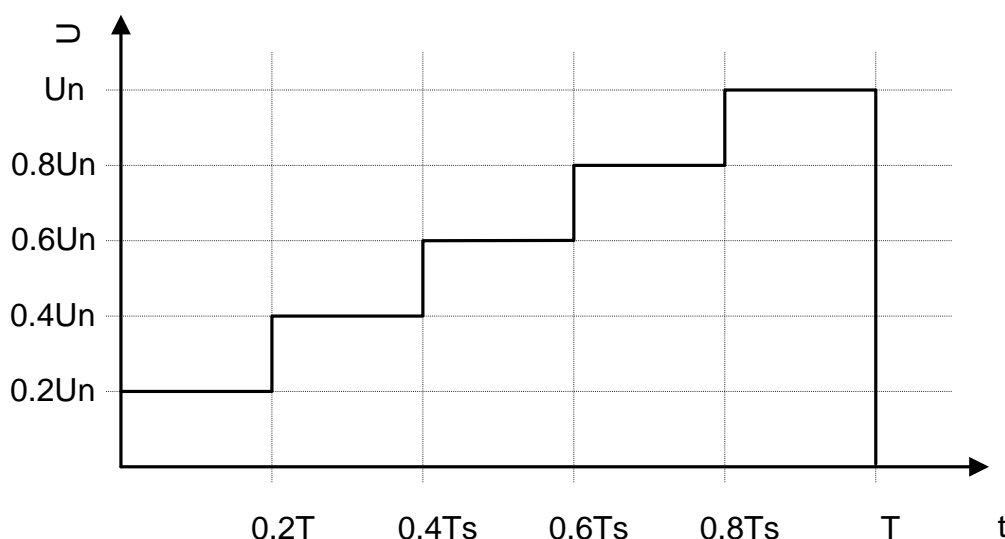


Рисунок 5.20 Испытание со ступенчатым повышением напряжения

Предупреждение:

- ❑ За информацией по мерам предосторожности обращаться к главе «Предупреждения».
- ❑ Запрещается дотрагиваться до испытываемого объекта во время измерений, а также до момента его полного разряда по завершению измерений! Существует риск поражения электрическим током!

Примечания:

- ❑ При начале измерения необходимо ознакомиться с отображаемыми предупреждениями!
- ❑ В процессе измерения на дисплее появляется предупредительный символ высокого напряжения для предупреждения оператора об испытательном напряжении, которое может представлять опасность.
- ❑ Значение емкости измеряется во время окончательной разрядки испытываемого объекта.
- ❑ Информация таймера показывает полный период измерения после завершения измерения

5.9 Испытание на электрическую прочность

Данная функция позволяет выполнять испытание на электрическую прочность изоляционного материала. Она охватывает два типа испытаний:

- Проверка напряжения пробоя высоковольтного устройства, например, подавителя помех, вызванных переходными процессами.
- Проверка выдерживаемого напряжения постоянного тока для целей согласования изоляции.

Обе функции требуют обнаружения тока пробоя. В данной функции испытательное напряжение возрастает от напряжения пуска до напряжения останова в течение предварительно определенного времени (устанавливается параметрами). Затем напряжение останова поддерживается в течение предварительно определенного времени испытаний.

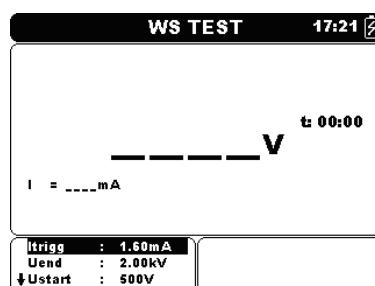


Рисунок 5.21: Меню испытания на электрическую прочность

Параметры испытания на электрическую прочность

Itrigg	Установка шага тока утечки срабатывания – 100 μ A (макс. 1,00 mA).
Ustart	Испытательное напряжение останова – шаг 50 В (50 В – 1 кВ) и 100 В (1 кВ – 10 кВ).
Uend	Испытательное напряжение пуска – шаг 50 В (50 В – 1 кВ) и 100 В (1 кВ – 10 кВ).
Tramp	Продолжительность линейного изменения испытательного напряжения (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Tstart	Продолжительность подачи испытательного напряжения пуска (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).
Tend	Продолжительность подачи испытательного напряжения по достижении испытательного напряжения останова (мм:сс) – шаг 1 с (макс. время 99 мин).

Клавиши:

▲ ▼	Выбор позиции для настройки.
◀ ▶	Установка значения для выбранной позиции.
MEM	Вход в Меню сохранения пользовательского испытания. Сохранение результатов (при их наличии).
START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)	Пуск или останов испытания на электрическую прочность.
ESC (ВЫХОД)	Выход в Меню измерений.

Процедура испытания на электрическую прочность

- Выбрать функцию **Withstanding Voltage test (Испытание на электрическую прочность)**.
- Установить параметры испытания (напряжение, таймер ...).

- ❑ Присоединить измерительные выводы к прибору и испытываемому объекту.
- ❑ Нажать клавишу **START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)** для начала измерения.
- ❑ Дождаться окончания обратного отсчета или возникновения пробоя (результат будет отображаться на дисплее).
- ❑ Дождаться разрядки испытываемого объекта.
- ❑ Сохранить результат нажатием клавиши **MEM (ПАМЯТЬ)** (дополнительно).

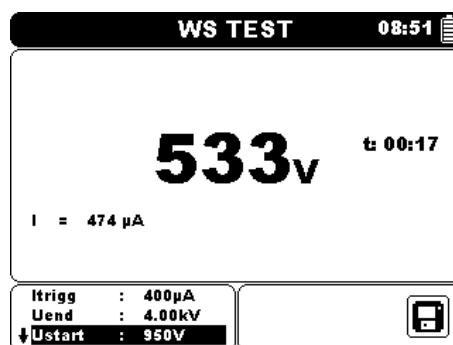


Рисунок 5.22: Пример результата испытания на электрическую прочность

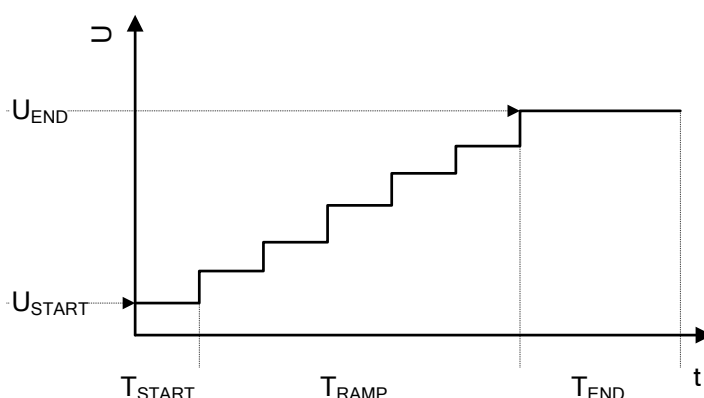


Рисунок 5.23 Представление испытательного напряжения без пробоя

U_{START}.....— испытательное напряжение запуска испытания.

U_{END}.....— испытательное напряжение останова испытания.

T_{RAMP}.....— продолжительность линейного участка испытания.

T_{START}.....— продолжительность подачи испытательного напряжения запуска испытания.

T_{END}.....— продолжительность подачи испытательного напряжения после достижения значения U_{END}.

Примечания:

- ❑ Пробой обнаруживается, когда измеренный ток достигает установленный уровень тока I_{trigg} или превосходит его.
- ❑ В процессе измерения на дисплее появляется предупредительный символ высокого напряжения для предупреждения оператора об испытательном напряжении, которое может представлять опасность.

5.10 Вольтметр истинного среднеквадратичного значения напряжения

Данный вольтметр представляет собой простую функцию, которая непрерывно измеряет напряжение и частоту между соединителями +Rx и -Rx. Измеренные в функции «True RMS Voltmeter» (Вольтметр истинного среднеквадратичного значения напряжения) напряжение и частота могут сохраняться.

Испытательная схема для измерения напряжения

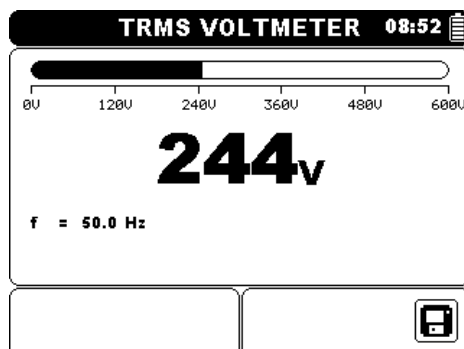


Рисунок 5.24: Дисплей вольтметра истинного среднеквадратичного значения

Процедура измерения:

- ☐ Выбрать функцию **True RMS Voltmeter (Вольтметр истинного среднеквадратичного значения напряжения)**.
- ☐ Вставить измерительные выводы в прибор.
- ☐ Присоединить измерительные выводы с наконечниками или зажимами «крокодил» в точкам измерения.
- ☐ Сохранить результат нажатием клавиши **МЕМ (ПАМЯТЬ)** (дополнительно).

Предупреждение:

- ☐ За информацией по мерам предосторожности обращаться к главе «Предупреждения».
- ☐ Запрещается дотрагиваться до испытываемого объекта во время измерений, а также до момента его полного разряда по завершению измерений! Существует риск поражения электрическим током!

6 Связь

Прибор может осуществлять связь с компьютерным программным обеспечением HVLink PRO. Поддерживается следующее действие:

- Сохраненные результаты могут загружаться в персональный компьютер и сохраняться в нем.

Специальная программа на ПК автоматически определяет прибор и позволяет осуществлять обмен данными между прибором и ПК.

Существуют два интерфейса связи, поддерживаемые данным прибором: USB или RS 232.

Как осуществляется передача сохраненных данных:

- ❑ Связь через интерфейс RS 232: присоединить порт COM персонального компьютера к терминалу RS 232 прибора, используя кабель последовательной связи RS 232.
- ❑ Связь через порт USB: присоединить USB-разъем персонального компьютера с разъемом USB прибора, используя USB-кабель.
- ❑ Включить компьютер и прибор.
- ❑ Установить желаемый порт связи RS 232 или USB.
- ❑ Запустить программное обеспечение HVLink PRO.
- ❑ Прибор готов к выгрузке данных на ПК.

Примечание:

- ❑ USB – драйверы должны быть установлены на ПК перед использованием интерфейса USB. Обратитесь к инструкции по установке USB, которая содержится на установочном компакт-диске.

7 Обслуживание

Вскрытие корпуса прибора TeraOhm ХА 10kV неквалифицированным персоналом не допускается. Внутри прибора отсутствуют компоненты, которые могут заменяться пользователем, за исключением аккумулятора.

7.1 Установка и замена аккумулятора

Аккумулятор хранится в аккумуляторном отсеке корпуса прибора под крышкой аккумулятора (см. Рисунок 7.1). Если аккумулятор является дефектным, необходимо принять к сведению следующее:

Шаг 1

Во избежание электрического поражения, перед открытием крышки аккумулятора необходимо выключить электрическое питание, отсоединить все измерительные принадлежности и кабель сетевого питания, присоединенный к прибору.

Шаг 2

Снять крышку аккумулятора (см. Рисунок 7.1).



Рисунок 7.1: Винты крышки аккумуляторного отсека

Шаг 3

Для замены аккумулятора использовать аккумулятор того же типа.

Шаг 4

Правильно установить аккумулятор и проверить полярность (см. Рисунок 7.2).



Рисунок 7.2: Правильно установленный аккумулятор

Шаг 5

Установить на место крышку аккумулятора.

Использование и утилизация аккумуляторов должны осуществляться в соответствии с указаниями производителя и в соответствии с указаниями местных и национальных органов.

Примечание:

- ❑ Оператору не требуется отсоединять прибор от электрической сети по истечении полного периода зарядки. Прибор может быть присоединен постоянно.

Предупреждение:

- ❑  Перед снятием крышки аккумулятора необходимо отсоединить все измерительные принадлежности, сетевое питание и выключить прибор!
- ❑ Использовать только аккумулятор LC-R123R4PG!

7.2 Чистка

Корпус не требует специального обслуживания. Для очистки поверхности прибора используйте мягкую ткань, слегка увлажненную мыльной водой или спиртом. Затем оставьте прибор до полного высыхания перед использованием.

Предупреждение:

- ❑ Не используйте жидкостей на основе бензина или углеводородных соединений!
- ❑ Не проливайте чистящую жидкость на прибор!

7.3 Периодическая калибровка

Важно, чтобы измерительный прибор подвергался регулярной калибровке, с тем, чтобы гарантировать соблюдение технических параметров, приведенных в данной инструкции. Мы рекомендуем ежегодную калибровку. Только уполномоченный технический персонал может выполнять калибровку. Пожалуйста, свяжитесь с Вашим поставщиком для получения подробной информации.

7.4 Сервис

Для проведения гарантийного или другого ремонта свяжитесь с Вашим поставщиком.

8 Технические характеристики

Диапазон номинальных испытательных напряжений 50 В – 10 кВ

Шаги напряжения 50 В (50 В – 1 кВ) и 100 В (1 кВ – 10 кВ)

Точность выходного напряжения -0%, +10% ± 10 В

Максимально допустимый ток испытательного генератора > 1 мА

Ток короткого замыкания/зарядки 5 мА ± 10%

Скорость зарядки для емкостной нагрузки < 3 с/мкФ при 10 кВ

Автоматическая разрядка имеется

Скорость разрядки для емкостной нагрузки < 0,25 с/мкФ при 10 кВ

Сопротивление разрядки 41 кΩ ± 10%

Диапазон гистограмм 0 ÷ 1 ТΩ (логарифмическая шкала)

Сопротивление защиты 400 кΩ ± 5%

Подавление шума от входящего питания переменного тока 1 мА при 600 В (макс. 4 мА)

Сопротивление

Диапазон измерения (Ω)	Разрешение (Ω)	Погрешность
0,01 ÷ 9,99 М	10 к	±(5% от показаний + 3 разряда)
10,0 ÷ 99,9 М	100 к	
100 ÷ 999 М	1 М	
1,00 ÷ 9,99 Г	10 М	
10,0 ÷ 99,9 Г	100 М	
100 ÷ 999 Г	1 Г	±(15 % от показаний + 1 разряда)
1,0 ÷ 9,9 Т	100 Г	
10 ÷ 20 Т	1 Т	

Таблица 8.1: Диапазоны и точность измерения сопротивления (10 кВ)

Примечания:

- Значение полной шкалы сопротивления (R_{FS}) зависит от номинального испытательного напряжения (U_N) и определяется в соответствии со следующей формулой:

$$R_{FS} = 2 * 10^9 [\Omega / V] * U_N [V]$$

- Зависимость точности от сопротивления полной шкалы определяется в таблице, приведенной ниже:

Диапазон измерения (Ω)	Погрешность
$R < \frac{R_{FS}}{20}$	±(5 % от показаний + 3 разряда)
$\frac{R_{FS}}{20} \geq R \geq R_{FS}$	±(15 % от показаний + 1 разряда)

Ток

Диапазон измерений (А)	Разрешение (А)	Погрешность
1,00 ÷ 5,00 м	10 мк	±(5% от показаний + 3 разряда)
100 ÷ 999 мк	1 мк	
10,0 ÷ 99,9 мк	100 н	
1,00 ÷ 9,99 мк	10 н	
100 ÷ 999 н	1 н	
10,0 ÷ 99,9 н	100 мк	
0,00 ÷ 9,99 н	10 мк	±(10% от показаний + 0,15 нА)

Таблица 8.2: Диапазоны и точность измерения тока

Напряжение

Диапазон измерений (В)	Разрешение (В)	Погрешность
0 ÷ 999	1	±(5% от показаний + 3 разряда)
1,00 ÷ 9,99 к	10	
10,0 ÷ 14,0 к	100	

Таблица 8.3: Диапазоны и точность измерения напряжения

Емкость

Диапазон измерений (Ф)	Разрешение (Ф)	Погрешность
20 ÷ 999 н	1 н	±(5 % от показаний + 3 разряда)
1,00 ÷ 9,99 мк	10 н	
10,0 ÷ 50,0 мк	100 н	

Таблица 8.4: Диапазоны и точность измерения емкости

Диапазон номинальных значений 500 В ÷ 10 кВ

Коэффициент абсорбции диэлектрика DAR

Диапазон отображения DAR	Разрешение	Погрешность
0,01 ÷ 9,99	0,01	±(5% от показаний + 3 разряда)
10,0 ÷ 100,0	0,1	

Таблица 8.5: Диапазоны и точность отображения DAR

Индекс поляризации PI

Диапазон отображения PI	Разрешение	Погрешность
0,01 ÷ 9,99	0,01	±(5% от показаний + 2 разряда)
10,0 ÷ 100,0	0,1	

Таблица 8.6: Диапазоны и точность отображения PI

Проверка коэффициента рассеивания диэлектрика DD

Диапазон отображения DD	Разрешение	Погрешность
0,01 ÷ 9,99	0,01	±(5% от показаний + 2 разряда)
10,0 ÷ 100,0	0,1	

Таблица 8.7: Диапазоны и точность отображения DD

Примечания:

- Все данные, касающиеся точности, приводятся для измерений в номинальных (эталонных) условиях окружающей среды.
- Дополнительная погрешность при эксплуатации прибора в условиях окружающей среды, отличных от рекомендуемых, составляет $\pm 5\%$ + 3 единица младшего значащего разряда индикатора прибора, если не указано иное.
- Диапазон емкостей для проверки DD: От 20 нФ до 50 мФ.

8.1 Вольтметр истинного среднеквадратичного значения напряжения

Напряжение

Диапазон измерений (В)	Разрешение (В)	Погрешность
5,0 ÷ 99,9	0,1	±(2 % от показаний + 2 разряда)
100 ÷ 550	1	

Тип результата истинное среднеквадратичное значение (trms)

Диапазон номинальных частот постоянный ток, 45 Гц ÷ 65 Гц

Входное сопротивление $40 \text{ к}\Omega \pm 10\%$

Частота

Диапазон измерений (Гц)	Разрешение (Гц)	Погрешность
10 ÷ 500	0,1	±(0,2% от показаний + 1 разряд)

Диапазон номинальных значений 5 В ÷ 550 В

8.2 Основные характеристики

Питание от аккумулятора:	12 В пост.тока (3,4 Ач, свинцово-кислотный)
Время зарядки аккумулятора	обычно 4 ч (глубокий разряд)
Время работы от аккумулятора:	
Состояние холостого хода:	> 24 ч
Измерения	> 3 ч непрерывного испытания, нагрузка 100 МОм при 10 кВ
	> 5 ч непрерывного испытания, нагрузка 100 МОм при 5 кВ
Таймер автоматического выключения	15 мин (состояние холостого хода)
Питание от сети:	90-260 В перем.тока, 45-65 Гц, 100 ВА (300 В CAT II)
Классификация защиты	усиленная изоляция <input type="checkbox"/>
Категория защиты от перенапряжения:	600 В CAT IV
Степень загрязнения:	2
Степень защиты	IP 65 (закрытый корпус)
Размеры (ширина × высота × глубина)	36 x 16 x 33 см
Масса	6,5 кг (с аккумулятором и принадлежностями)
Звуковое/визуальное предупреждение	имеется
Дисплей:	с матрицей 320 x 240 точек с подсветкой
Эталонные условия:	
Эталонный диапазон температур:	25 °C ± 5 °C
Эталонный диапазон влажности	40% ÷ 60% отн.влажности
Рабочие условия:	
Диапазон рабочих температур:	-10°C ÷ 50°C
Максимальная относительная влажность:	90% (0°C ÷ 40°C), без конденсации
Номинальная рабочая высота:	до 2000 м
Условия хранения:	
Диапазон температур:	-10°C ÷ +70°C
Максимальная относительная влажность:	90% (-10 °C ÷ +40 °C)
	80% (40 °C ÷ 60 °C)
Последовательная связь RS 232 с гальванической развязкой	
Скорость передачи данных:	9600 бод, 1 стоповый бит, четность отсутствует
Соединительный разъем:	стандартный 9-контактный порт RS232 D, гнездовой
Связь с ведомым USB-устройством:	с гальванической развязкой
Скорость передачи данных:	9600 бод
Соединитель:	стандартный USB-соединитель – тип B
Обмен данными по Bluetooth	
Скорость передачи данных:	115200 бод
Память:	1000 мест для хранения (флэш-память 4 МБ)
Погрешность синхронизации в реальном времени	± 50 миллионных частей

Приложение А – Дистанционное управление

Функция дистанционного управления (Remote Control) предназначена для дистанционного управления прибором MI 3210 TeraOhmXA 10 кВ через интерфейсы RS232, USB или Bluetooth (дополнительно).

Управление с клавиатуры

Все функциональные возможности клавиатуры могут поддерживаться функцией дистанционного управления (Remote Control).

В Таблица 0.1 показан соответствующий синтаксис для управления клавишами прибора. Когда прибор принимает команду, он отправляет ее обратно в качестве подтверждения.

Клавиатура	Синтаксис	Значение
START/STOP (ПУСК/ОСТАНОВ)	~KEY;START	Пуск или останов измерения.
ON/OFF (ВКЛ/ВЫКЛ)	~KEY;OFF	Включение питания прибора.
MEM (ПАМЯТЬ)	~KEY;MEM	Сохранение/вызов/удаление результатов из памяти прибора.
SELECT (ВЫБОР)	~KEY;SELECT	Для входа в режим настройки для выбранной функции или для выбора активного параметра, который должен быть установлен.
▲	~KEY;UP	Выбрать вариант, расположенный сверху, внизу.
▼	~KEY;DOWN	Выбрать вариант, расположенный сверху, внизу.
◀	~KEY;LEFT	Уменьшить, увеличить выбранный параметр.
▶	~KEY;RIGHT	Уменьшить, увеличить выбранный параметр.
ESC	~KEY;ESC	Выйти из выбранного режима.
☀	~KEY;LIGHT	ВКЛЮЧЕНИЕ или ВЫКЛЮЧЕНИЕ подсветки дисплея.

Таблица 0.1: Команды управления с клавиатуры

Управление испытаниями

Все сохраненные пользовательские испытания могут выполняться с использованием функции дистанционного управления. В Таблица 0.2 показан соответствующий синтаксис для запуска пользовательского испытания. Когда прибор принимает команду, он отправляет ее обратно в качестве подтверждения.

Пользовательские испытания	Синтаксис	Значение
КАБЕЛЬ 1 кВ	~RUN;CUSTOM;CABEL 1kV	Запуск выбранного пользовательского испытания.
ИСПЫТАНИЕ 500 В	~RUN;CUSTOM;500V TEST	Запуск выбранного пользовательского испытания.
	~REZIM;PRINT_RESULTS;ON	Включает возможность распечатки результатов (U,I,t).
	~REZIM;PRINT_RESULTS;OFF	Отключает возможность распечатки результатов (U,I,t).

Таблица 0.2: Примеры команд, управляющих пользовательскими испытаниями